ownload from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentru

Über die Steigerung der heliotropischen Empfindlichkeit von Keimlingen durch Narkotika

von

Univ. Prof. Dr. **Oswald Richter.**

Aus dem pflanzenphysiologischen Institut der Wiener Universität. Nr. 47 der zweiten Folge.

(Mit 1 Doppeltafel und 3 Textfiguren.)

Mit Unterstützung der Kaiserl. Akademie der Wissenschaften aus dem Legate Scholz ausgeführt.

(Vorgelegt in der Sitzung am 17. Oktober 1912.)

Vor einigen Jahren (I./II. 1906/09, p. 265, 481) habe ich Untersuchungen und Photographien von Versuchen veröffentlicht, die dafür sprachen, daß Keimlinge der verschiedensten Art, die gleichzeitig der Wirkung gasförmiger Verunreinigungen ausgesetzt wurden, stärker auf den Lichtreiz zu antworten schienen, als Kontrollobjekte in reiner Luft unter sonst gleichen Bedingungen.

Am auffallendsten trat diese Erscheinung bei Wicken (*Vicia sativa*) und Erbsen (*Pisum sativum*) zutage, deren Keimlinge in L. L.[2] einer einseitigen Lichtwirkung so zu folgen schienen, als ob überhaupt kein Geotropismus als zweite bestimmende Kraft in Frage käme.

Ich habe damals angenommen 1., daß durch die Narkotika der Geotropismus ausgeschaltet wird, wodurch notgedrungen

---

[1] Es sei mir gestattet, auch für die Subventionierung dieser Arbeit der Kaiserl. Akademie meinen verbindlichsten Dank auszusprechen.

[2] L. L. = Laboratoriumsluft.

ownload from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentru

der Heliotropismus verstärkt zutage treten muß, und 2., daß auch der Heliotropismus selbst im Sinne von Rothert (1903) und Loeb (1906/09) gesteigert wird.

Inzwischen konnte ich (III., 1910, p. 1051) durch eine geeignete Versuchsanstellung (Rotation bis 2 *mm* langer Erbsen-, beziehungsweise Wickenkeimlinge am Klinostaten in reiner Luft) den Beweis erbringen, daß tatsächlich die L. L. die Fähigkeit besitzt, die einseitige Schwerkraftswirkung auszuschalten, wie es der Experimentator mit Hilfe des Klinostaten vermag. Als entscheidend für diese meine Ansicht konnte ich vor allem auf das Auftreten der »horizontalen Nutation« der genannten Pflanzen auch in reiner Luft aufmerksam machen. Sie unterblieb in *r. L.*[1] nie, vorausgesetzt, daß die Keimlinge, die am Klinostaten gedreht wurden, noch genügend jung, waren.[2]

Die in Punkt 2 wiedergegebene Annahme hat nun zu einer Kontroverse zwischen Guttenberg (I., 1907, p. 193, II., 1910, p. 462) und mir geführt, in der derzeit Guttenberg (II.), das letzte Wort gesprochen zu haben schien, durch das er gewiß ziemlich allgemein (vgl. Fitting's Referat, 1910, Pringsheim, II., 1912, 154 und III., 1909) die Ansicht hervorgerufen haben dürfte, als wäre unser Literaturstreit endgültig zu meinen Ungunsten entschieden worden.

Daß ich es nun meinerseits so lange bei diesem Eindruck bewenden ließ, hatte seinen Grund darin, daß ich erst neue Erfahrungen sammeln wollte, ehe ich entgegnete.

Ich gliedere also meine vorliegende Entgegnung ähnlich wie die aus dem Jahre 1909 (II.)

1. in Literaturnachweise aus Guttenberg's neuester Publikation (II.), die eher für als gegen mich sprechen, und

2. in den Bericht über meine eigenen, zur Klärung der schwebenden Streitfrage unternommenen Versuche.

---

[1] *r. L.* = reine Luft.

[2] Ich möchte hier betonen, daß ich an meiner Deutung der horizontalen Nutation als echter Nutation gegenüber der von Neljubow (I, 1901) geäußerten Ansicht festhalte, die er auch noch in einer nur in deutscher Übersetzung (III., 1911, p. 97) nach meiner Arbeit (III.) erschienenen, mir aber schon vor meiner Arbeit inhaltlich bekannten und bereits von mir berücksichtigten Publikation (II., 1910, p. 1443) vertritt. Ich komme demnächst auf Grund neuer Experimente auf diese wissenschaftliche Kontroverse zurück.

ownload from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentru

I. Literaturnachweise aus Guttenberg's Arbeit. II.

p. 464. »Das eine ist ja von vornherein klar und damit wird man immer rechnen müssen, daß die Luft in einer Dunkelkammer niemals gänzlich rein sein kann« (vgl. hierzu Neljubow (I., 1901, p. 5), Rutgers (1910, p. 44 bis 51) und Nabokich (1910, p. 10).

p. 469. »Für *Helianthus* finde ich in meinen Protokollen keine Angabe über eine auffallende Zirkumnutation und solche Erscheinungen, wie sie Richter (II., Fig. 8) abbildet, traten bei meinen Versuchen niemals auf. Demnach war eine gewisse Beeinflussung meiner Versuchspflanzen durch Laboratoriumsluft sicherlich vorhanden«.

p. 479. »Eine so auffallende Bevorzugung der Horizontallage, wie ich sie in Leipzig beobachtete, trat allerdings nicht ein.«

p. 483. (Bei der Schilderung der Vorbereitungen zum entscheidenden Versuch, auf den ich gleich zu sprechen kommen werde) — es ist vom Verhalten der *Vicia sativa* in der Grazer Dunkelkammer die Rede:

»Der Einfluß der Laboratoriumsluft machte sich sofort durch eine weitgehende Hemmung des Längenwachstums sowie durch gänzliches Erlöschen des Geotropismus bemerkbar. »—« Nach 16 Stunden[1] waren die Pflanzen fast unverändert,[1] nach 24 Stunden konnte man bereits eine Verdickung des Epikotyls im oberen Teile bemerken.«

p. 484. »Nachdem auf diese Weise eine starke Beeinflussung von *Vicia*-Keimlingen in der zur Verfügung stehenden Dunkelkammer erwiesen war.«

p. 485. (Bei der Schilderung eines Versuches mit L. L.-Pflanzen in vertikaler Stellung bei Seitenbeleuchtung):

»Nach 48 Stunden sind fast alle Keimlinge dem Lichte sehr stark oder vollständig zugekrümmt, nach 3 Tagen ist das Bild fast das gleiche: Die große Mehrzahl der Keimlinge ist in scharfem Knie fast vollständig dem Lichte zugewendet. Die Krümmung findet an jener Stelle des Epikotyls statt, welche am stärksten verdickt ist.«

Das ist aber die genaue Beschreibung von Versuchen, wie sie Fig. 2_1 meiner Arbeit (II., 1909) darstellt.

Und nun zu dem entscheidenden Versuche Guttenberg's gegen meine Auffassung, wobei einleitend hervorgehoben werden muß, daß Guttenberg (p. 485) angibt, er habe in Gips ein dem Wasser gleichwertiges Abschlußmittel gefunden, mit dem er die Kontrollpflanzen am Klinostaten vor dem Zutritt der L. L. schütze. Da Guttenberg offenbar nur ein Klinostat zur Verfügung stand, wurden die Versuche mit r. und ur. L.[2] hinter und nicht nebeneinander mit einer Beleuchtungsintensität von 0·0025 MK (p. 484) durchgeführt. Bezüglich der r. L. ließen sich nun folgende Beobachtungen machen:

»Bei der ersten Kontrolle, 16 Stunden nach Beginn der Beleuchtung, waren in drei Versuchen (mehr wurden nicht angestellt) bereits alle Keimlinge erheblich dem Lichte zugewendet und stark gewachsen; die Krümmung schritt dann

---

[1] Von mir gesperrt, vergl. p. 1186. 13. Zeile von oben.

[2] r. L. und ur. L. = reine und unreine Luft.

ownload from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentru

langsam weiter fort und war 48 Stunden nach Versuchsbeginn eine mehr oder minder vollständige. Die Pflanzen rotierten dann noch einen weiteren Tag und wurden schließlich gemessen. Sie waren 6 bis 8 *cm* lang geworden, waren unverdickt und in großem Bogen dem Lichte zugewachsen. Eine zirka 2 *cm* lange Zone am apikalen Ende des Epikotyls stand genau in der Lichtrichtung oder wich von ihr bis höchstens 20° ab. Dann folgte eine 2 bis 3 *cm* lange gekrümmte Zone, welche allmählich in die ungekrümmte Basis überging.« (p. 487, 488.)

Im Gegensatze dazu wird der Effekt des L. L.-Versuches, wie folgt, geschildert, wobei ich gleich meine Ansichten an passender Stelle einfügen will; p. 488, 489. »Nach 16 Stunden langer Rotation vor der Lichtquelle war noch keine heliotropische Krümmung bemerkbar. Die Pflanzen waren unverändert geblieben.«

Natürlich, denn wenn, wie durch die obigen Zitate, insbesondere das der p. 483, belegt wird, eingestandenermaßen die L. L. das Längenwachstum hemmt, kann ja, wenn man daran festhält, daß der Heliotropismus eine Wachstumserscheinung ist, nichts anderes als Unterbleiben der Krümmung nach 16 Stunden der Erfolg sein.

»Nach weiteren 8 Stunden (24 Stunden nach Versuchsbeginn) waren schon deutliche Krümmungen gegen das Licht wahrzunehmen, ebenso die charakteristische Verdickung der Epikotyle. Nun blieben die Pflanzen einen weiteren Tag lang unkontrolliert und befanden sich nach Ablauf dieser Zeit bereits vollkommen in der Lichtrichtung. Nachdem sie noch 1 Tag am Klinostaten rotiert hatten, wurden die Versuche (3 Tage nach Beginn) abgebrochen. Die Keimlinge hatten ganz dasselbe Aussehen wie jene, welche in unreiner Luft vertikal stehend vor derselben Lichtquelle gezogen worden waren. Sie zeigten eine Länge von 3 bis $3^1/_2$ *cm*, waren zirka 2 *cm* unter der Spitze des Epikotyls am stärksten verdickt und hier in scharfem Knie gegen das Licht zu gekrümmt. Die Basis der Epikotyle war in einer Länge von 1 bis $1^1/_2$ *cm* ungekrümmt geblieben, die oberen Partien wichen von der Lichtrichtung 0 bis 15° ab.«

Es verhielten sich also Guttenberg's Keimlinge etwa so, wie es Textfig. 1 angibt. Ich glaube, diese Rekonstruktion erspart alle weiteren Auseinandersetzungen.

Es war offenbar auch der Winkel maßgebend, den die Keimlinge mit der Vertikalen, beziehungsweise der Horizontalen bilden und der spricht entschieden zugunsten der L. L.-Pflanzen.

»Die Bestimmung der heliotropischen Präsentationszeiten in reiner und unreiner Luft vor einer bestimmten Lichtquelle am Klinostaten müßte« allerdings »die exaktesten Resultate« in unserer Kontroverse »ergeben« (p. 489). Gerade solche Versuche, die aber Guttenberg bisher nicht ausgeführt hat, sollen nun den Gegenstand der folgenden Mitteilung bilden.

Bevor ich nun aber auf deren Schilderung eingehe, möchte ich hier auch gleich zeigen, wie verfehlt es wäre, aus dem

ownload from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentru

Auftreten einer heliotropischen Reaktion von r. L.-Klst.-[1] Pflanzen bei dem für r. L.-Vertikalpflanzen gefundenen Schwellenwerte (vgl. Guttenberg, II., 1910, p. 484/8) auf das Nichteintreten einer Steigerung der Lichtempfindlichkeit von Versuchspflanzen in ur. L. zu schließen. Die einschlägigen Versuche beweisen meiner Meinung nach nichts anderes als das, was schon seit Wiesner (I., 1878, p. [196] 56) bekannt war und was in ungemein klarer Weise Arisz (1911, p. 1022) mittels Induk-

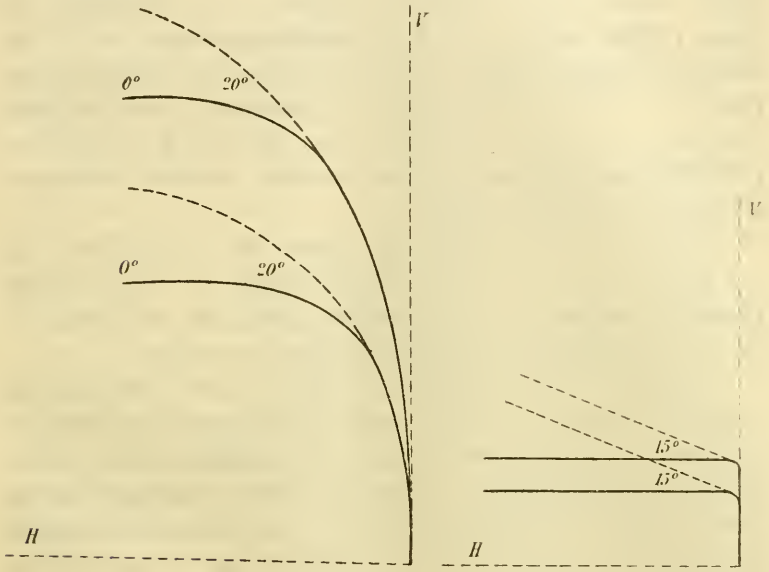

Fig. 1. Rekonstruktion des Krümmungseffektes in Guttenberg's Klinostatenversuchen (II., 1910, 485—9) links für r. L.-, rechts für ur. L.-Pflanzen; vergl. den Text p. 1185 und 1186. Gez. Gicklhorn.[2]

tionsversuchen nachgewiesen hat, daß nämlich durch die Ausschaltung der einseitigen Schwerkraftwirkung der Heliotropismus reiner und infolgedessen auch noch bei Lichtmengen zutage tritt, die einem entgegenwirkenden negativen Geotropismus gegenüber nichts mehr auszurichten vermögen.

---

[1] Klst. = Klinostaten.

[2] Herrn Assistenten J. Gicklhorn spreche ich auch hier für seine wohlgelungenen Zeichnungen meinen herzlichsten Dank aus.

ownload from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentru

Ferner sei es mir gestattet, noch auf einige meiner älteren Induktionsversuche hinzuweisen, die zwar noch nicht mit Pflanzen am Klinostaten, sondern mit vertikal aufgestellten Keimlingen ausgeführt waren, immerhin aber in eindeutiger Weise zeigten, daß vertikal aufgestellte L. L.-Pflanzen schon bei der Anwendung einer Lichtmenge reagierten, bei deren Einwirkung r. L.-Pflanzen noch keine Spur von Reaktion zeigten.

Es handelt sich um Experimente von der Art, wie sie in Fig. 6 der Arbeit I dargestellt worden sind. Keimlinge von *Vicia sativa* und *V. villosa* wurden auf 5 Minuten mit einer Lichtintensität von 139, beziehungsweise 167 M. K. belichtet. Reagiert haben nur die Keimlinge der verunreinigten Luft, die *V. sativa*-Pflänzchen entsprechend ihrer stärkeren Empfindlichkeit für L. L. mehr als die von *V. villosa*. Die r. L.-Pflanzen dagegen wuchsen vertikal aufwärts, als wären sie niemals belichtet worden.

Schon Versuche dieser Art lassen die Deutung zu, daß die Pflanzen der r. L. bei Vertikalstellung für einen solchen Lichtreiz überhaupt nicht empfindlich sind, der bei denen der ur. L. einen ungewöhnlich starken Effekt hervorruft.

Freilich bleibt der Einwand auch da noch bestehen, daß eben im Momente der Lichtperzeption der negative Geotropismus bei den r. L.-Pflanzen der im Gange befindlichen heliotropischen Reaktion entgegenwirkt, so daß sie nicht zur Geltung kommen kann, während die Pflanzen der ur. L. durch die Ausschaltung des negativen Geotropismus den Effekt der heliotropischen Induktion besonders gut hervortreten lassen.

Es erscheinen daher Versuche unbedingt notwendig, wo man für r. L.- und ur. L.-Pflanzen durch Rotation am Klinostaten bezüglich Ausschaltung der einseitigen Wirkung des Geotropismus[1] möglichst gleiche Bedingungen herstellt.

[1] Ich möchte hier nur noch erwähnen, daß auch in jüngster Zeit von anderer Seite (Ohno, 1908, p. 628, Sperlich, 1912, p. 546) Versuche über den Einfluß von Äther auf Heliotropismus und Geotropismus gemacht wurden, doch mit ganz anderer Fragestellung. Es kam beiden gerade auf die Sistierung der tropistischen Reaktion durch Äther an. Es zeigte sich, daß diese ohne gleichzeitige Schädigung der Versuchsobjekte nicht erzielt werden konnte.

ownload from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentru

II. Klinostatenversuche über die Steigerung der heliotropischen Empfindlichkeit von Keimlingen durch Narkotika.[1]

Die große Schwierigkeit, mit der der Experimentator, der in den üblichen pflanzenphysiologischen Laboratorien Keimlinge am Klinostaten in r. L. um eine horizontale Achse bewegen will, zu kämpfen hat, ist die, wie er sich die vielleicht mühsam hereingebrachte r. L. dauernd rein erhalten soll und umgekehrt, wie er in nach Neljubow's (I., 1901, p. 5), Rutgers' (1910, p. 47) und Nabokich's (1910, p. 10) Angaben gereinigter Luft unter gleichen Bedingungen wie die r. L.-Pflanzen die Keimlinge in einer Atmosphäre ur. L. rotieren soll.

Guttenberg kam über diese Schwierigkeit bekanntlich (II., 1910, p. 486) dadurch hinweg, daß er das die r. L. bergende Becherglas in einer Schale, an die der Blumentopf mit den Versuchspflanzen angegipst war, eingipste und diesen Apparat, entsprechend zentriert, am Klinostaten befestigte. Bei den Versuchen mit ur. L. (p. 488) »wurde zwischen Glas und Schale kein Gipsverschluß hergestellt, vielmehr wurde das Glasgefäß durch Holzklötzchen etwas über die Schale gehoben und ausschließlich durch den Druck der Klammern festgehalten. Es konnte so die Laboratoriumsluft ungehindert zutreten, ohne daß Austrocknung zu befürchten war. Überdies wurde das Glasgefäß in der Höhe der Epikotyle mit nassem schwarzen Filtrierpapier ausgekleidet. Die Topferde blieb während der dreitägigen Versuchsdauer vollkommen feucht.«

Zu der Versuchsanstellung Guttenberg's mit den Keimlingen der r. L. sei noch erwähnt, daß »die ganze Manipulation« der Vorbereitungen »im Gewächshause vorgenommen wurde«, wo »heliotropische Induktionen« angeblich »nicht zu befürchten waren« (p. 487).

---

[1] Die erste Mitteilung über diese Versuche erfolgte bei einem am 13. März 1912 im Vereine zur Verbr. nat. Kenntn. (V., 1912, pag. 34) abgehaltenen Vortrage, eine zweite auf der Versammlung d. Naturforscher und Ärzte 1912 in Münster.

ownload from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentru

Meine Versuchsanstellung.

Einige Vorversuche belehrten mich zunächst, daß selbst nur eine kleine Lücke im Verschluß eines am Klinostaten befestigten Glassturzes genügt, um recht bemerkbare Feuchtigkeitsdifferenzen gegenüber lückenlos schließenden Gefäßen zu geben.

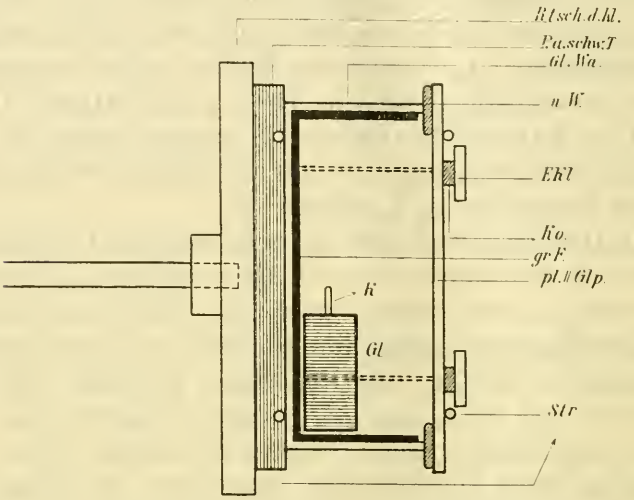

Fig. 2. Schematische Darstellung der Versuchsanstellung I.

Rtsch. d. Kl. Rotationsscheibe des Klinostaten. *P. a. schw. T.* Polster aus schwarzem Tuch. *Str.* Strickquerschnitte. *Gl. Wa.* Glaswanne. $l = 17$, $br = 9$, l (Tiefe) $= 9$ *cm*. *gr. F.* graues, durch Befeuchtung fast schwarzes, nicht geleimtes Filtrierpapier, das infolge der Einschnitte am Rande der Innenseite glatt anliegt, oder besser: schwarzes geruchloses Papier (vergl. p. 1197). *n. W.* nasse, völlig reine weiße Watte. *pl.* ‖ *Glpl.* planparallele Spiegelglasplatte. *Ko.* Korkstreifen. *E. Kl.* Eisenklammern des Klinostaten. *Gl.* Glaswanne mit Erde. ($br = 7$, $h = 5$, $t = 3{\cdot}8$ *cm*.) *K.* Keimlinge. Gez. Gicklhorn.

Meine Versuchsanstellung war entsprechend der fortschreitenden Vervollkommnung der Methodik eine dreifache, deren Phasen auch in den Fig. 1 und 8 der Taf. I zur Darstellung gelangten.

Textfig. 2 stellt einen Längsschnitt der ersten Versuchsanstellung vor, aus dem sie wohl ohne weiteres klar werden dürfte. Hervorheben möchte ich bloß Folgendes:

ownload from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentru

1. Das Festrammen der Wanne (*Gl*) geschieht durch Einpressen von nasser, frischer Watte zwischen *Gl.* und *gr. F.* Wesentlich ist es, daß die Wanne *Gl.* so fest in *Gl. Wa.* sitzt, daß auch ein starkes Rütteln sie nicht mehr von der Stelle rückt.

2. Die weiße Watte (*u. W.*) wird in 2 *cm* breiten Streifen von der Länge des Umfanges der großen Glaswanne (*Gl. Wa.*) vorbereitet und nach Eintauchen in Wasser tropfnaß um den Gefäßrand gelegt, worauf die Glasplatte (*pl.* || *Glpl.*) mit den Stricken (*Str.*) angebunden oder auf die Watte direkt durch die Eisenklammern aufgepreßt wird.

3. Die Korkstreifen dienen als Schutz gegen den Druck der scharf anzuziehenden Metallstreifen des Klinostaten.

4. Die Befestigung des ganzen Apparates ist so vorzunehmen, daß die Keimlinge zentriert erscheinen.

5. Der Verschluß ist erwiesenermaßen so gut, daß die Keimlinge der r. L. bei nicht zu langer Versuchsdauer (12 bis 24 Stunden) und bei stetem Naßhalten der Watte zu vollständig normalen Pflanzen heranwachsen. Ist es dem Experimentator aber unmöglich, für die stete Durchnässung der Watte zu sorgen, so trocknet die Watte aus, wodurch kapillare Kanäle entstehen, durch die die L. L. eindringt und alles verdirbt.

6. Die Verunreinigung der Luft in den Versuchsgefäßen erfolgte zunächst dadurch, daß die Glasscheibe (*pl.* || *Glpl.*) des ur. L.-Gefäßes so aufgesetzt wurde, daß sie einen etwa 2 *mm* breiten Spalt offen ließ, durch den die L. L. ungehindert eintreten konnte. Doch überzeugte ich mich bald, daß bei dieser Art der Zufuhr der L. L. zum Klinostaten die ur. L.-Gefäße — und das ist wohl auch für Guttenberg's Versuche von Bedeutung — wenn auch die Erde feucht blieb, doch bemerkbare Feuchtigkeitsdifferenzen den lückenlos schließenden r. L.-Gefäßen gegenüber aufwiesen.

7. Weit besser eignete sich zur Verunreinigung der Luft ein alter, dickwandiger, englumiger Gasschlauch, der je nachdem $^1/_4$, $^1/_2$, $^3/_4$ Stunden oder 1 Stunde vor dem Versuche an eine Gasleitung angesetzt worden war, einen Brenner gespeist hatte und knapp vor Beginn des Versuches an der oberen Rückenwand der großen Glaswanne (*Gl. Wa.*) durch seine eigene Elastizität befestigt wurde.

8. Die Adjustierung sowie die Kontrolle des Versuches hat bei dem roten Licht einer Lithiumkarminlampe zu erfolgen, da für nicht vertikal stehende, sondern am Klinostaten bewegte, d. h. bedeutend lichtempfindlichere Keimlinge selbst eine Kaliumbichromatlampe induzierend wirkt.

9. Versuch- und Kontrollgefäß wurden gleichzeitig, nicht wie bei Guttenberg's Versuchen nacheinander rotiert, so daß die jeweiligen Versuchsbedingungen, wie Temperatur etc., für beide Gefäße die gleichen waren. Einen Mangel hatte ich zu beklagen, die Rotationszeiten konnten nämlich bei den mir zur Verfügung stehenden Apparaten und infolge der gegebenen räumlichen Verhältnisse nicht völlig gleich gemacht werden. Sie verhielten sich nämlich wie 6 : 5, und zwar war das rascher rotierende in der Regel das ur. L.-Gefäß. Die berechneten Umlaufszeiten stellten sich wie 36 : 30 Minuten. Eigene

ownload from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentru

Versuche, die darauf abzielten, die Bedeutung der ungleichen Umlaufszeiten zu überprüfen, bei denen die langsamer rotierende Klst.-Scheibe die ur. L.- und die raschere die r. L.-Pflanzen drehte, ließen diesen Mangel als völlig gegenstandslos erscheinen.

10. Die Belichtung erfolgte gleichzeitig für beide Gefäße von derselben mit mattiertem Glase versehenen elektrischen Lampe, die in der Mitte der Verbindungsgeraden beider Gefäße in einer Entfernung von je 90 *cm* stand. Die gewählte Rotationsgeschwindigkeit des Motors betrug stets 700 Umdrehungen pro Minute.

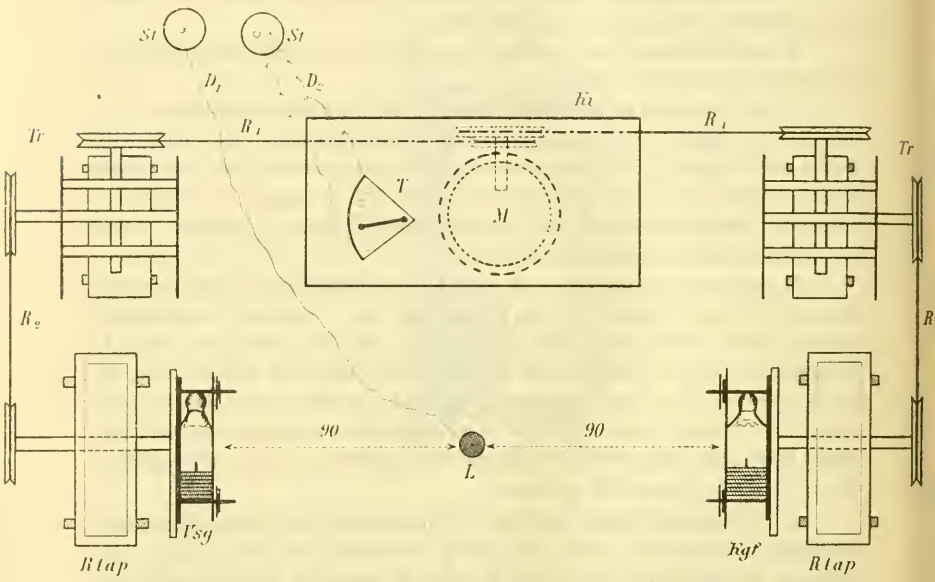

Fig. 3.

Schematische Darstellung der Versuchsanordnung.

L. Lampe. *Vsg.* Versuchsgefäß. *Kgf.* Kontrollgefäß. *Rtap.* Rotationsapparat. *R.* Riemen. *Tr.* Transmissionen. *M.* Motor. *T.* Taster. *Ki.* mit schwarzem Papier verklebte Kiste. $D_1 D_2$ Drähte. *St.* Stöpselkontakte. Gez. Gicklhorn.

11. Der Motor muß mit einer mit schwarzem Papier verkleideten Kiste (*Ki*) bedeckt werden, da die von ihm unvermeidlich abspringenden Funken so starke Lichtblitze entsenden, daß durch sie in dem zunächst befindlichen Gefäße eine heliotropische Reaktion ausgelöst werden kann. Die Kiste enthält selbstverständlich Ausschnitte für die nach den Transmissionen (*Tr*) abgehenden Riemen (*R*).

Die Textfig. 3 mag die Versuchsanstellung illustrieren.

II. Insbesondere die Beschäftigung mit Wicken und Erbsen und die im Hinblick auf die starke Hemmung des Längenwachstums in L. L. notwendig werdende Dauer des Versuches sowie die ungemein prompte Reaktion dieser

ownload from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentru

Keimlinge auf etwa eindringende Spuren gasförmiger Verunreinigungen der Luft machten es nötig, einen noch exakteren Verschluß gegen diese Verunreinigungen anzuwenden als in I, und eine Möglichkeit zu finden, bei der auch bei langer Rotation eine Abtrocknung der Keimpflanzen nicht zu befürchten war. Beiden Anforderungen wurden die in den Fig. 1 und 8 der Tafel dargestellten Versuchsanstellungen gerecht.

Als Versuchsgefäße kamen nämlich in diesen Fällen Gefäße mit eingeriebenem, sehr gut schließendem Glasstöpsel in Anwendung, die zunächst, weil gerade vorrätig, zylindrisch waren (Fig. 1), bis sie durch gegossene, außen planparallel geschliffene Gefäße ersetzt wurden (Fig. 8). Die folgende Tabelle mag Vor- und Nachteile beider Gefäßsorten vorführen.

	Vorteile	Nachteile
Dosengläser Gefäße II *a*, $h^4 = 15$, $2r = 10$ *cm*	Breite Öffnung, d. h. 1. leichteres Setzen 2. leichtere Reinigung 3. leichte Befestigung des Gasschlauches	runde Gestalt, daher 1. Belichtungsschwierigkeiten 2. Schwierigkeiten bei der Befestigung am Klst.
parallelipipedische Gefäße Gefäße II *b*, ($h^4 = 19$, $br = 10$, $t = 7 \cdot 6$ *cm*	parallelipipedische Gestalt, d. h. 1. günstige Verhältnisse für die Belichtung[1] 2. leichte Befestigung am Klst.[2]	enge Öffnung, daher 1. erschwertes Setzen 2. erschwerte Reinigung 3. erschwerte Befestigung des Gasschlauches[3]

Die Vorbereitungen zum Versuche.

Die 2 bis 6 Stunden in Wiener Leitungswasser quellen gelassenen und auf Filtrierpapier im Dunkeln zum Auskeimen gebrachten Samen wurden, sowie die Würzelchen die Länge von 2 bis 12 *mm* erreicht hatten, in die *Gl.* oder bei II. gleich mit schwarzem Papier zur Entfernung von Lichtreflexen einseitig ausgelegten Versuchsgefäße pickiert.

Wicken und Erbsen sind am besten dann zu verwenden, wenn das junge Epikotyl, von der gesprengten Samenschale noch bedeckt, eben erkennbar

---

[1] Um ja etwa durch den Glasguß bedingte Fehler auszuschalten, wurde es vermieden, für die r. L.- und ur. L.-Objekte stets dieselben Gefäße zu nehmen, die Gefäße wurden vielmehr nach dem Waschen wiederholt vertauscht.

[2] Nach genügender Übung erfolgte die Adjustierung in 10 Minuten.

[3] Die Zufuhr ur. L. erfolgte bei diesen Versuchen nur mittels Gasschlauches, die von Äther, wie die Protokolle 7 und 8 zeigen, mit an einem Bindfaden befestigter ätherdurchtränkter Watte.

[4] Gemessen bis zum Stöpsel.

ownload from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentru

zu werden beginnt. Hafer eignet sich am besten zur Pickierung dann, wenn die Würzelchen 2 *mm* lang geworden sind, aber auch einwürzelige Früchtchen mit 7 *mm* langen Wurzeln sind noch vorzüglich zum Versuche geeignet. Minder gut, aber immer noch brauchbar erwiesen sich zwei- bis dreiwürzelige Früchtchen, nur darf nicht eine Spur vom Kotyledo zu sehen sein. Die Spelzenspitzen wurden wegen der Gefahr einer Kontaktreizung im Sinne van der Wolks (1911 [328], 2) entweder schon vor dem Auslegen der Früchtchen oder kurz vor dem Pickieren abgeschnitten. Beachtet man alle diese Regeln und setzt nur Früchtchen gleichen Entwicklungszustands in alle Gefäße, so bekommt man wirklich tadellose Versuchspflanzen, die sich alle am Versuchsbeginn im gleichen Entwicklungsstadium befinden.[1]

Beim Pickieren der Samen in der Zahl 7, beziehungsweise 2×4 in die mit guter Gartenerde[2] beschickten Gefäße, das bei den Gefäßen II *a* mit mittellanger, bei den Gefäßen II *b* mit 36 *cm* langer Metallpinzette geschieht,[3] ist darauf zu achten, daß die Pflänzchen stets gleich orientiert gesetzt werden. Bei den Gramineen kam die Skutellumseite des Kornes parallel zu einer der Schmalseiten der kleinen Wannen, beziehungsweise der Gefäße II *b* zu liegen. Bei den entscheidenden Wicken- und Erbsenversuchen wurden die Keimlinge so orientiert, daß die Ebene der horizontalen Nutation senkrecht zum Lichteinfall stand. Bestimmend für diese vielleicht speziell beim Hafer übertrieben anmutende Vorsicht war die Beobachtung, daß bei Erbsen und Wicken die horizontale Nutation als beirrender Faktor in Frage kommt (vgl. p. 1199) und daß bei Gramineen am Klinostaten besonders in r. L. eine oft sehr beirrende Nutation auch bei ganz jungen Pflänzchen auftritt, die die Keimlinge etwa in einem Winkel von 30 bis 40° vom Früchtchen abbiegen läßt. Ist nun ein Korn gerade so gesetzt, daß die Nutationsebene in die Ebene der Zielrichtung (Wiesner, II., 1912, p. 245) hineinfällt, so gehört oft ein sehr geübtes Auge dazu, eine solche spontane von der heliotropischen Krümmung zu unterscheiden.

Selbstverständlich setzt die Bedienung der eigenartigen Gefäße (II *a*, besonders aber II *b*) auch passende Instrumente zum Feststampfen der Erde (z. B. verschiedenerlei Stampfer), zum Reinigen der Gefäßinnenseite von anhaftender Erde, zum Vorstoßen der Löcher, zum Pickieren und zum Befeuchten der Erde voraus.

Alle eben erwähnten Manipulationen wurden in dem gut gelüfteten Vorbereitungsraum des Glashauses in r. L. ausgeführt und überdies stand die Erde vor dem Fenster in r. L., bis sie benötigt wurde. Nach erfolgter Adjustierung wurden die Gefäße II *a* und II *b* auch, noch geöffnet, an das offene Fenster des gut gelüfteten Kalthauses gestellt und nach dem Zustöpseln mit Glasglocken und Blechstürzen bedeckt und auf Keimschalen mit Wasserabschluß in die voll-

[1] Diese Angaben wurden deshalb so ausführlich mitgeteilt, weil jedes Abweichen von ihnen zu unklaren Resultaten führen kann.

[2] Die festgestampfte Gartenerde ist behufs Durchlüftung nach dem Begießen mit je drei Luftlöchern auf jeder Seite der Keimlingsreihe zu versehen.

[3] In die Gefäße II *a* werden die Samen im Durchmesser, in II *b* parallel zu den Breitseiten gesetzt.

ownload from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentru

kommen lichtdichte Dunkelkammer übertragen.[1] Da blieben nun die Keimlinge stehen, bis sie zum Versuch Verwendung fanden, täglich kontrolliert im roten Lichte einer mit Lithiumkarminlösung gefüllten Lampe.[2] Betrug die Wurzellänge der einwürzeligen Haferkeimlinge zur Zeit der Pickierung 7 *mm*, so kann man mit großer Wahrscheinlichkeit auf einen zwei-, bei 2 *mm* langen Würzelchen und bei Zimmertemperatur von 20° C. auf einen dreitägigen Dunkelkammerarrest der Pflänzchen rechnen, bis sie zum Versuch völlig geeignet sind. Weder 2 bis 3 *mm* noch 2 bis 3 *cm* lange Koleoptile sind für den Versuch zu brauchen, da bei den einen noch nicht die Höhe der großen Wachstumsperiode erreicht ist und bei den anderen die eigensinnigen Krümmungen des Hypokotyls und der eben einschießenden Blättchen so verwirrende Bilder geben, daß von ihnen bei einer exakten Lösung des schwebenden Problems eben Abstand genommen werden muß. Es bleiben also noch die 0·8, 1, 1·2 bis 1·5 *cm* langen Kotyledonen des Hafers, mit denen der Versuch glänzend gelingt (Fig. 4 und 5).

Bei den Wicken, Erbsen und Linsen kamen vornehmlich 2 *cm* lange Pflänzchen in Verwendung.

Haben die Versuchspflanzen die gewünschte Länge erreicht, so werden die Gefäße mit völlig gleichwertigen Keimlingen ausgesucht und zum Versuch adjustiert.

Die Erde wird noch einmal mit Wasser von der Leitung, jetzt der Dunkelkammer — ohne Trichter, der die Keimlinge streifen könnte — befeuchtet. Die Öffnung erfolgt der Gleichmäßigkeit halber, auch bei den Gefäßen mit r. L. da ja die Gefäße der ur. L. wegen der Schlaucheinführung oder der Ätherzugabe absolut geöffnet werden müssen. Diese Spuren gasförmiger Verunreinigung der Luft, die bei dem kurzen Öffnen in die r. L.-Gläser gelangen dürften, schaden selbst Wicken effektiv nicht, was auch mit ihrer prompten Absorption durch die doch verhältnismäßig große Erdmenge der Gefäße erklärt werden konnte (O. Richter, IV., 1907, 9; H. Molisch, II., 1911, 6 [8]).

Nun wird der Stöpsel mit reinstem Vaselin eingefettet und wieder auf die Flasche gegeben, worauf er mit nassem Pergamentpapier und derbem Spagate festgebunden und gedichtet wird.[3]

---

[1] Als besonders wertvoll hebe ich den Zugang durch ein völlig verfinstertes, mit Doppeltür verschließbares Zimmer hervor.

[2] Die Lithiumkarminlampe bestand aus einer 5kerzigen elektrischen Lampe, die in einem Brettchenboden eingeschraubt wurde, in dem eine Nut eingedrechselt war, die, mit schwarzem Samt ausgeschlagen, eine mit einer 35prozentigem Lithiumkarminlösung gefüllte Senebier'sche Glocke aufnahm. Durch das Tuch war ein völlig einwandfreier Abschluß erzielt. Eigene, mit zweistündiger Induktion oder dauernder Beleuchtung mit dieser roten Lampe ausgeführte Versuche erwiesen ihre völlige Brauchbarkeit zur Vorbereitung der Experimente. Sie ist relativ hell und absolut exakt. Diese Lampe wurde auf Grund von Erfahrungen Hagem's nach Angaben von Herrn Dr. V. Vouk von Herrn Laboranten Othmar Nebenführ hergestellt.

[3] Bei diesen Manipulationen sowie bei der Befestigung der Versuche an dem Klst. und bei den Induktionsversuchen unterstützte mich besonders Herr

ownload from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentru

Recht schwierig ist das Einführen des Gasschlauches in das Gefäß der ur. L., da jedes Streifen des Schlauches an der Keimlingsreihe thigmotropische Krümmungen auslöst (Wolk, 1911 [328], 2). Der Gasschlauch darf nicht kürzer als 10 *cm* sein, weil er sich sonst nicht festklemmen läßt oder während der Rotation zu rutschen beginnt. Bei den Gefäßen II *a* kann man ihn in schönem Bogen an den oberen Gefäßbug anlegen, in die Gefäße II *b* dagegen läßt man sein unteres Ende zunächst vorsichtig an der dem Lichte künftig abgewendeten Seite herabgleiten, packt es dann mit der 36 *cm* langen Pinzette und zieht es in die Höhe des oberen Endes, das man mit dem Finger durch den Flaschenhals durchgesteckt hatte. Die Befestigung der Gefäße erfolgt natürlich mit der schlauchfreien gegen die künftige Lichtseite. Die weitere Behandlung des ur. L.-Gefäßes ist dieselbe wie die des Gefäßes der r. L.

Beim Einführen des Äthers ist es nur notwendig, den Äther in Watte aufsaugen zu lassen und den Wattebausch, mit einem Bindfaden an den Glasstöpsel befestigt, in das Versuchsgefäß hineinhängen zu lassen. Der Bausch bleibt entweder dauernd in dem oberen Teile des Gefäßes oder wird, um die Ätheratmosphäre weiter zu verdünnen, nach einer bestimmten Zeit ohne Einstellen der Klst.-Bewegung wieder herausgenommen. Ich möchte noch ausdrücklich betonen, daß ein Zwirnfaden so fein ist, daß er den Abschluß durch den eingeriebenen Glasstöpsel nicht undicht macht. Über weitere Details vergleiche die Protokolle 7 und 8, p. 1219.

Zur Versuchsanordnung I habe ich noch Folgendes zu bemerken: Die mit den Samen versehenen kleinen Glaswannen werden entweder noch im Glashaus mit Watte in den mit grauem Filtrier- oder passendem schwarzen Papier ausgelegten großen Wannen befestigt und, mit Glocke bedeckt, auf Keimschalen mit Wasserabschluß in die Dunkelkammer getragen oder die Befestigung der kleinen in den größeren Glaswannen erfolgt erst in der Dunkelkammer bei rotem Lichte nach dem Austreiben der Pflänzchen in r. L. Die bei dem beschriebenen Hantieren in der Dunkelkammer, weiter beim Umlegen der nassen Watte und beim Aufpressen der Glasplatte zutretende L. L. sowie der mit diesen Beschäftigungen notwendig verbundene minutenlange Aufenthalt der r. L.-Pflanzen in L. L. schadet den Keimpflanzen erwiesenermaßen nicht.

Man muß in diesem Falle von zwei Übeln das kleinere wählen. Sieht man sich vor die Wahl gestellt, Keimlinge durchaus im Glashause in r. L. zu adjustieren, dabei aber vorzubelichten oder nicht vorzubelichten (Fröschel, 1908, Blaauw, 1909), dafür aber mit einer Spur L. L. minutenlang in Kontakt zu bringen, so wählt man eben das zweite, weil es immer noch für eine beirrende Beeinflussung des Versuchseffektes weniger gefährlich ist.

Sehr wichtig ist die Güte des zur Entfernung der Lichtreflexe bestimmten grauen Filtrierpapiers (Linsbauer und Vouk, 1909), da

---

stud. phil. Ernst Kratzmann, dem ich ebenso wie Herrn stud. phil. Richard Klein für zahlreiche Hilfeleistungen auch an dieser Stelle meinen verbindlichsten Dank aussprechen möchte.

ownload from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentru

gefärbtes Papier sehr häufig duftet und dadurch Wicken und Erbsen wesentlich schädigt.

Besonders empfehlen möchte ich zur Entfernung von Lichtreflexen das mattschwarze Papier, in das die rotempfindlichen photographischen Platten von Perutz eingewickelt sind. Auch das der Perutz-Diapositivplatten ist vorzüglich brauchbar. Im Hinblick auf die Empfindlichkeit der photographischen Platte für Düfte (Molisch, I., 1903, p. 13 [309]) verwendet man in Fabriken, die sich mit der Herstellung von Platten beschäftigen, besonders gutes Papier als Plattenumhüllung. Ich habe dieses Papier auch bei den Gefäßen mit »planparallelen« Wänden und eingeriebenen Stöpseln angewendet und es mit der großen Pinzette so eingeführt, daß es die Rückwand und die Seitenwände bedeckte. Eine derartige Abdeckung der Lichtreflexe ist weit besser als das noch von Sperlich (1912, p. 516) empfohlene, mit Schellacklösung befestigte Beinschwarz, weil dieses und andere Abdeckungsmittel bei meinen Versuchen wegen ihres Duftes nicht zu brauchen waren und andere wie schwarze Gläser oder Schieferplatten spiegelten, beziehungsweise in meinen Versuchsgefäßen schwer oder nicht anzubringen waren. Es sei noch bemerkt, daß im Falle der Anwendung des schwarzen Papiers die Keimlinge der vorderen Glaswand etwas näher und in zwei Reihen pickiert wurden, um sie besser kontrollieren zu können (vgl. Fig. 5).

Die Versuche wurden in mehrfacher Weise variiert:

1. Die an den Apparaten adjustierten Keimlinge blieben $^1/_2$ bis 1 Stunde vertikal und in Ruhe, wurden induziert und nachher rotiert.

2. Vorbehandlung wie in 1., die Induktion begann aber erst nach Beginn der Rotation.

3. Die Keimlinge wurden nach völliger Adjustierung des Versuches zuerst im Dunkeln $^1/_2$, $^3/_4$ oder 1 Stunde rotiert, worauf erst die Induktion einsetzte.

Ich will gleich hier erörtern, warum ich die dritte Variante für die in unserer Frage beweisende halte. Versuchsvarianten 1 und 2 sind nämlich nach meiner Meinung nichts anderes als mit geotropischen Nachwirkungen arbeitende Abänderungen meiner Versuche aus den Jahren 1906 und 1909 mit dauernd geotropisch gereizten Pflanzen. Lasse ich meine Keimlinge eine Zeitlang nach Zusatz des Narkotikums vertikal stehen, so schalte ich nach der heute herrschenden Meinung möglicherweise schon in dieser halben Stunde bei den narkotisierten Pflanzen den Geotropismus aus oder vermindere wenigstens ihr geotropisches Reaktionsvermögen, während in der gleichen Zeit in r. L. das geotropische Reizvermögen ungeschwächt weiter besteht. Induziere ich nun in dieser Stellung und lasse dann rotieren, so beobachte ich bei positivem Versuchsausfall eigentlich nur, was mir schon früher bekannt war, daß Ausschaltung des Geotropismus bei gleichzeitiger einseitiger Belichtung stärkeren Heliotropismus zutage treten läßt, während Geotropismus (hier auch in der Nachwirkung) dem Heliotropismus entgegenwirkt.

ownload from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentru

Nur in Versuchsvariante 3 wird durch die vorherige Rotation der r. L.-Pflanzen am Klinostaten auch bei ihnen die einseitige Schwerkraftwirkung ausgeschaltet, wodurch vergleichbare Bedingungen für beiderlei Versuchskeimlinge entstehen. Über andere Bedenken vergleiche p. 1203 u. f.).

Die Kontrolle der Versuche erfolgte in der Regel stündlich, manchmal halbstündlich, manchmal auch erst nach je 2 Stunden, in seltenen Fällen, wenn es sich nämlich um über Nacht laufende Versuche handelte, den örtlichen Verhältnissen entsprechend, auch erst nach 14 Stunden.

Die Temperatur war durchaus die des Zimmers, rund 18 bis 20°.

Indem ich nun auf die Protokolle am Schluße der Arbeit verweise, gebe ich hier sofort die

III. Zusammenfassung der Versuchsergebnisse.

1. Die in vorliegender Arbeit beschriebenen Versuche hatten den Zweck, endlich Klarheit in die bisher in den Jahrbüchern für wissenschaftliche Botanik ausgetragene Streitsache Guttenberg-Richter zu bringen, die bekanntlich in der Frage nach der Steigerung der heliotropischen Empfindlichkeit von Keimlingen durch Narkotika der verschiedensten Art gipfelt.

2. Dazu war es notwendig, Versuchsanstellungen zu finden, von denen zwei neue beschrieben werden, die es einem auch in stark mit Gasen verunreinigtem Laboratorium, ja selbst in einer durch Ausströmen von Leuchtgas fast unatembaren Atmosphäre arbeitenden Experimentator ermöglichen, seine Kontrollkeimlinge in r. L. am Klinostaten zu halten. Verwendung fanden Gläser mit eingeriebenem Stöpsel und Wannen, auf die planparallele Glasplatten mit nasser reiner Watte abgedichtet wurden. Davon war die erste Versuchsanstellung für kürzer und länger, die zweite für kürzer dauernde Versuche sehr geeignet. Die Gefäße der ersten Art ermöglichten auch den sicheren Beweis dafür, daß die horizontale Nutation eine echte Nutation ist, was anderenorts eingehender dargestellt werden soll.

3. Eine konstante Beleuchtung mit der unter den gegebenen Verhältnissen erzielbaren geringsten Lichtintensität von 0·00168NK (Protokoll 1, p. 1213) — der betreffende Brenner kam in die Gefahr, bei geändertem Gasdruck zu verlöschen (siehe Protokoll 1) — läßt immerhin eine Steigerung der heliotropi-

ownload from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentru

schen Empfindlichkeit hervortreten, doch weit weniger präzise als Induktionsversuche. Es wurden daher in der Folge die weiteren Erfahrungen nur an solchen gesammelt.

4. Bei diesen Experimenten muß natürlich Überbelichtung (Fröschel, 1908, Blaauw, 1909) peinlichst vermieden werden. Immerhin zeigen auch überbelichtete Keimlinge (Protokoll 1) eine unzweideutige Steigerung der heliotropischen Empfindlichkeit in ur. L.

5. Gerade die in Punkt 2 erwähnte Nutation, die bei genügend langer Rotation und genügend verunreinigter Luft auch bei längeren Keimlingen in ur. L. auftritt, läßt Erbsen, Wicken und Linsen als wenig geeignet für heliotropische Versuche am Klinostaten erscheinen.

Wie seinerzeit nachgewiesen wurde (O. Richter, III., 1910, p. 1051), zeigen Keimlinge der r. L. nur bis etwa zu einer Länge von 0·5 *cm* die horizontale Nutation, sind sie, vertikal wachsend, länger als 1 *cm* geworden, so hat der negative Geotropismus die horizontale Nutation ausgelöscht. Befestigt man also solche Pflanzen am Klinostaten, so handelt es sich bei ihnen um Pflanzen, die, der einseitigen Schwerkraftswirkung entrückt, bloß dem Heliotropismus und Autotropismus zu folgen haben.

Da nun die neuesten, demnächst zu veröffentlichenden Versuche zeigten, daß auch 1 bis 3 *cm* lange, ja längere Pflänzchen in ur. L. am Klinostaten noch horizontale Nutation zeigen können, haben also diese außer dem Heliotropismus und vielleicht dem Autotropismus noch der horizontalen Nutation zu folgen, sind also gewissermaßen nicht vergleichbar mit ihren Kontrollkeimlingen in r. L. Dazu kommt, daß sie von L. L. so stark im Längenwachstum gehemmt werden, daß auch die heliotropische Krümmung bei für r. L. noch wirksamen Lichtmengen im besten Falle theoretisch später auftreten kann als bei den Keimlingen im r. L., ein Fall, der auch Guttenberg zu seinen Schlüssen veranlaßt hat.

Die theoretisch möglichen Fälle lauten nun:

a) Die horizontale Nutation fällt in die Lichtrichtung, dann wird sie den Experimentator in Zweifel lassen, was er vor sich hat, oder die heliotropische Reaktion verstärken.

ownload from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentru

b) Die horizontale Nutation wirkt der Lichtwirkung entgegen, dann wird sie die heliotropische Reaktion schwächen.

c) Die Ebene der horizontalen Nutation bildet mit der des Lichteinfalles einen Winkel, dann wird sie, je mehr er sich über 90° dem von 180° nähert, der heliotropischen Krümmung entgegen-, je mehr er sich 0° nähert, fördernd auf die heliotropische Reaktion wirken.

Beweisend sind nur jene Fälle (Protokoll 10, p. 1222), wo trotz dieser für den Versuchsausfall ungünstigen Bedingungen doch nachgewiesen werden konnte, daß r. L.-Pflanzen auf Lichtmengen kaum oder nicht mehr antworten, auf die Pflanzen verunreinigter Luft noch prompt reagieren.

Die betreffenden Lichtmengen betrugen 91·482 MK/Sek.

6. Durch diese Erfahrungen wird man zur Verwendung von Monokotyledonen gedrängt, von denen Mais, und zwar sowohl Pferdezahn- als gelber Mais, Gerste und Hafer ausgeprobt wurden. Davon war Mais wegen seiner sehr starken Beeinflussung durch L. L., die sich in einer sehr erheblichen Hemmung des Längenwachstums ausprägte, für die Verfolgung unserer Fragestellung vorläufig ganz ungeeignet.

Hordeum besitzt in seiner starken Guttation und in einer vom Korn ansetzenden schrägen Nutation am Klinostaten auch keine besondere Eignung für unsere Versuche.

Es bietet einen geradezu frappierenden Anblick, wenn man 1 bis 2 Stunden nach erfolgter Belichtung die Keimlinge weder gerade noch gegen die Lichtquelle, sondern sämtlich in scharfem Bogen mit ausgesprochener Spitzenkrümmung zu einer Seite heliotropisch gekrümmt sieht. Es hat lange gebraucht, bis ich darauf kam, daß die den Keimlingen an derselben Seite anhängenden Guttationstropfen wie Brennlinsen wirken und so den lichtempfindlichen Pflänzchen die Wachstumsdirektion geben. Diese Deutung scheint mir um so berechtigter, als bei der Rotation, entsprechend der Schwere, die Tröpfchen stets der einen Seite anhaften und daß nach Rothert (I., 1894, p. 32) und noch nicht publizierten Untersuchungen von Wilschke (1912/13) vornehmlich die Spitze der Gramineenkoleoptile die lichtperzeptionsfähige Zone darstellt.

ownload from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentru

Die Nutation, die bei Gerste in einem seitlichen Ausbiegen des Kotyledos besteht, kann auch sehr leicht als beirrender Faktor auftreten. Ich habe daher auch die Gerste, das gilt übrigens ebenso von Mais und Hafer, stets so gesetzt, daß die Skutellumseite um 90° zur Ebene des Lichteinfalls verwendet war (p. 1194). Daß übrigens mit *Hordeum* die Versuche über die Steigerung der Lichtempfindlichkeit durch ur. L. auch gelangen, beweist Protokoll 9 und Fig. 3.

Eine besondere Erwähnung verdienen endlich noch jene Versuche mit Gerste, die in Gefäßen mit »planparallelen« Wänden ohne schwarzes Papier ausgeführt wurden, bei Präsentationszeiten, die an der unteren Grenze der Perzeptionsfähigkeit von *Hordeum* lagen. Man ist da nicht wenig erstaunt, plötzlich das von Nathansohn und Pringsheim (1908, p. 148) bei ihrer Kompensationsmethode zur Anwendung gebrachte und von Hagem (1911) genau studierte Kämmungsphänomen[1] an den Keimlingen wahrzunehmen, trotzdem doch nur eine Lichtquelle verwendet wurde. Die Erklärung gibt das von der Gefäßrückwand gelieferte Spiegelbild der Lichtquelle, das bei der kurzen Belichtungszeit und der doch nicht völlig idealen Ausgestaltung des Glases eine so starke Wirkung erhält, daß es die Hälfte der Keimlinge zur heliotropischen Krümmung nach rückwärts veranlaßt. Für unsere Frage bedeutungsvoll ist nun die Tatsache, daß dieses Kämmungsphänomen in r. L. bei Lichtmengen schon auftritt, die die Pflanzen in ur. L. noch zu scharfer heliotropischer Krümmung nur gegen die Lichtquelle veranlassen. Offenbar ist deren Empfindlichkeit immer noch so gesteigert, daß sie den Lichtunterschied zwischen der Lichtquelle und deren Spiegelbild zu perzipieren vermögen und die Lichtquelle aufsuchen. Geht man nun in der Expositionsdauer bei gleicher Lichtquelle noch weiter herab, so kommt ein Moment, wo die r. L.-Pflanzen unbekümmert um die Induktion gerade weiter wachsen, die ur. L.-Pflanzen aber das Kämmungsphänomen zeigen, eine Tatsache, die mir meine obige Deutung der Erscheinung als nicht verfehlt vorkommen läßt.

[1] Nathansohn und Pringsheim sprechen vom »Scheitelungspunkt, d. i. diejenige Stelle, an der die Objekte nach rechts und nach links auseinandergingen.«

ownload from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentru

Als optimale Präsentationszeit für eine positive heliotropische Krümmung in ur. L. können 25 Sekunden angegeben werden, woraus sich bei Unterbleiben derselben in r. L. die entsprechende Lichtmenge mit $15 \cdot 247.25 = 381 \cdot 175$ MK/Sek. berechnen läßt.

7. Was endlich den Hafer anlangt, so muß auch bei ihm in Erwägung gezogen werden, daß er nur in dem Entwicklungsstadium am besten heliotropisch reagiert, in dem sich seine Koleoptilen im Zustande der großen Wachstumsperiode befinden. Wählt man ihn also zu kurz (2 bis 3 *mm*), so ist die Längenzunahme pro Stunde zu klein, um vom Experimentator als unzweifelhafter Krümmungseffekt erkannt zu werden. Wählt man die Keimlinge zu lang (2 bis 3 *cm*), so treten insbesondere in der r. L. höchst störende Nutationen auf, die auf den Versuchseffekt beirrend wirken. Die optimale Länge der Keimlinge des Hafers am Versuchsbeginn beträgt 0·8, 1, 1·2 bis 1·5 *cm*.

Dabei hat der Hafer noch die von Pringsheim jun. (I., 1907, p. 268) bereits betonte, für unsere Versuche wichtige Eigenschaft, daß er durch gasförmige Verunreinigungen der Luft im Längenwachstum relativ wenig gehemmt wird, wodurch man in den Stand gesetzt erscheint, den Reaktionseffekt schon nach 1 bis 2 Stunden nach der Induktion wahrzunehmen, was übrigens ebenso für die Gerste gilt. Auch wird das Dickenwachstum nicht zu stark gefördert. Es wird also gerade beim Hafer der vermeintliche Nachteil bei unserer schwebenden Frage, seine geringere Empfindlichkeit für die Narkotikawirkung in bezug auf das Wachstum, zum großen Vorteil, weshalb auch er es war, mit dem zunächst die Frage der Steigerung der Lichtempfindlichkeit von Keimlingen durch Narkotika zuerst zu meinen Gunsten entschieden wurde.

Die **Induktionsversuche** — denn Experimente mit konstanter Beleuchtung waren, wie oben erwähnt, minder geeignet — gliederten sich in zwei Serien:

A. Erstens solche, bei denen Lichtmengen in Anwendung kamen, die so groß waren, daß auch bei den Keimlingen in r. L. eine heliotropische Reaktion auftrat.

ownload from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentru

Bei ihnen zeigte sich der Unterschied im Effekte bei den Pflanzen der r. und ur. L. in dem Winkel, den die Versuchskeimlinge zur Vertikalen bildeten (Fig. 4 bis 8 und 9).

Diese Differenzen im Krümmungswinkel treten schon nach der zweiten Versuchsstunde auf und werden nach der dritten auffallend (Fig. 4, Protokoll 4 und Fig. 6 und 7, Protokoll 8).

Die Winkelunterschiede treten noch deutlicher hervor, wenn die Versuche noch 19 bis 20 Stunden im Dunkeln weiter rotiert werden (Fig. 8 und 9, Protokoll 3).

Wenn überhaupt der Winkel der heliotropischen Krümmung etwas für die Beurteilung der Reaktion zu bedeuten hat, so sagt er in diesen Fällen dem Beobachter, daß die heliotropische Krümmung und danach die heliotropische Empfindlichkeit in der Narkotikaatmosphäre größer war.

Freilich gewisse Bedenken sind noch zu erwägen, ehe man sich auf Grund dieser Versuche endgültig für die mitgeteilte Anschauung entscheidet.

Der in Fig. 1 und 2 (Protokoll 2) dargestellte Versuch zeigt zunächst unzweifelhaft, daß die Pflanzen der r. L. besonders bei längerer Rotation und bei ihrem doch geförderten Wachstum nicht unerhebliche Nutationskrümmungen aufweisen, so daß die r. L.-Keimlinge, ähnlich wie ich das für *Agrostemma* sah (II., 1909, Fig. 9), wie die Pflanzen in einem Strauße nach allen Richtungen im Raume weisen, während die Keimlinge der ur. L. typisch heliotropisch gekrümmt erscheinen.[1] Sieht man nach langer Beobachtungspause ein solches Bild und kam nicht dazu, die Zwischenstadien zu beobachten, so würde man es gewiß dahin deuten, daß die ur. L.-Pflanzen wohl, die der r. L. aber nicht mehr auf die angewendete Lichtintensität zu reagieren vermochten. Fände man nun aber, daß in der Zwischenzeit doch eine Reaktion stattfindet, die nachher verschwindet, so würde man sagen, die Nutationen hätten dem Heliotropismus entgegengewirkt.

Auf Grund späterer Erfahrungen kann ich versichern, daß eine solche störende Wirkung der Nutationen vorkommt, die natürlich nicht immer als dem Heliotropismus entgegengesetzte

[1] Der Versuch lief leider unkontrolliert über die Nacht.

ownload from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentru

Krümmungen gedeutet werden brauchen. Man sehe sich nur die Fig. 1 und 2 an, in denen die Lichtquelle zwischen den Keimlingskolonnen zu denken ist. Beim vierten Keimling fällt die Nutationskrümmung in die Lichtrichtung, was theoretisch auch bei den anderen Keimlingen hätte eintreten können. Man wäre dann gewiß sehr geneigt gewesen, von starker heliotropischer Krümmung bei den r. L.-Objekten zu sprechen. Gegen die verwirrende Wirkung der Nutationen vermag man sich nun in der Weise zu schützen, daß man eben nur Keimlinge von solcher Größe zum Versuche verwendet, die es gestatten, den Versuchseffekt klar abzulesen zu einer Zeit, wo es noch nicht zum Auftreten der Nutationen gekommen ist.

In einigen Versuchen war weiter an die Schwächung des negativen Geotropismus durch die Narkotikawirkung als beirrender Faktor zu denken. So war es bei dem in den Fig. 8 und 9 dargestellten Experiment (Protokoll 3) der Fall, daß die Keimlinge nach Zugabe des Narkotikums noch 25 Minuten vertikal am Klinostaten standen und daß sie noch in dieser Stellung beleuchtet wurden. Es war daher nicht unmöglich, daß in dieser Zeit die Narkotika die Wirkung des negativen Geotropismus bei den ur. L.-Objekten schon etwas geschwächt haben konnten, wodurch der heliotropische Effekt dann entsprechend verstärkt hätte zutage treten müssen. Ein derart ausgeführter Versuch würde also nur gewissermaßen eine verfeinerte Darstellung meiner 1906, I., p. [287] 23 publizierten Experimente sein.

Gerade Versuche, wie die in Fig. 8 und 9 (Protokoll 3) dargestellten Experimente, gestatten noch ein Bedenken. Wie aus Protokoll 3 hervorgeht, wurden die Keimlinge über die Nacht im Dunkeln weiter rotiert. Wenn man sich nun vorstellen würde, daß der von Pfeffer (1873) nachgewiesene, auch von Sperlich (1912, p. 617) neuerlich hervorgehobene Autotropismus der Keimlinge von Narkotika, etwa der ur. L., gehemmt oder aufgehoben würde, ähnlich wie das vom Geotropismus bekannt ist (O. Richter, II., 1909, I., 1906), und in r. L. der Autotropismus ein rascheres Aufrichten der Keimlinge bedingen würde, so müßten notgedrungen ähnliche Bilder entstehen, wie sie die Fig. 8 und 9 wiedergeben.

ownload from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentru

Nun — und das sind die schwerwiegendsten Folgerungen — bestünde dieser Autotropismus in r. L. auch schon im Momente der Präsentation und in den nächsten Stunden nachher und wäre er in der Narkotikaatmosphäre zu gleicher Zeit schon ausgelöscht, so wären Versuche wie die in Fig. 8 und 9 dargestellten nichts anderes als der Beweis für eine bisher unbekannte Hemmung des Autotropismus in verunreinigter Luft[1] und brächten die Frage der Steigerung der phototropischen Empfindlichkeit von Keimlingen keinen Schritt weiter. In der gleichen Art ließen sich auch alle die verstärkten Abkrümmungen der Narkotikapflanzen von der Vertikalen befriedigend erklären.

Da erscheint es denn zunächst notwendig, den Autotropismus genau zu definieren. Nach Pringsheim (II., 1912, p. 44) »bewirkt« der Autotropismus »bei erhaltener Wachstumsfähigkeit nicht nur das Zurückgehen geotropischer Krümmungen, sondern ebenso das aller anderen Reizerscheinungen nach Aufhören der bewegenden Ursache«.[2] »Die autotropische Reaktion besteht in einem verstärkten Wachstum der konkav gewordenen[2] Flanke an der Biegungsstelle. Die Reizursache liegt offenbar in der Krümmung selbst.«

In dieser Definition steckt also der Zeitbegriff mit darin. Der Keimling muß aus der Ruhelage gebracht worden sein, ehe der Autotropismus einsetzt. Hat man nun bei einem Experimente so lange Zeit verstreichen lassen, daß der Autotropismus aktiviert werden konnte, dann ist dieser Versuch nicht mehr hinreichend beweisend. Das gilt nun allerdings auch für den eben besprochenen Versuch.

Da gibt es nun aber ein ausgezeichnetes Mittel, die angeführte Fehlerquelle zu vermeiden. Man läßt es überhaupt nicht bis zum Auftreten des Autotropismus kommen, indem man Keimlinge passender Länge für den Versuch verwendet, die den Effekt schon zeigen, bevor der Autotropismus in Aktion tritt.

---

[1] Eine solche Hemmung des Autotropismus bewirken die Narkotika tatsächlich, wie ich a. O. zeigen werde.

[2] Von mir gesperrt.

ownload from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentru

Ein derartiges Experiment stellt Fig. 4 (Protokoll 4) dar, das beweist, daß, auch ganz abgesehen vom Verhalten der Narkotika zum Autotropismus, Spuren von Leuchtgas imstande sind, bei Keimlingen von Hafer die heliotropische Empfindlichkeit zu steigern. Mutatis mutandis gilt dies auch von dem in den Fig. 5 bis 7 (Protokoll 8) wiedergegebenen Ätherversuche.

Anders sähe die Sache nun aus, wenn Autotropismus definiert würde als das Bestreben der Pflanze, auf jeden äußeren Reiz, der eine bestimmte tropistische Reaktion in ihr auslöst, sofort durch eine gleiche aber entgegengesetzte Reaktion zu antworten, etwa so, wie der elastische Körper jedem Druck einen gleichen, aber entgegengesetzten Druck entgegenstellt. Die r. L.-Keimlinge behielten dann dieses regulative Vermögen und würden, heliotropisch induziert, sofort sozusagen »Kontradampf« geben und gerade wachsen, die Keimlinge der ur. L. dagegen hätten dieses regulatorische Vermögen verloren und müßten eben die ausgelösten photochemischen Prozesse im positiven Sinne ablaufen lassen, wie ein angekurbelter und losgelassener Motor abläuft, wenn nicht Hemmungen seinen Lauf unterbrechen. Damit wäre aber die ganze Frage in das chemische Getriebe des Protoplasmas verlegt und beim heutigen Stande der Wissenschaft überhaupt unlösbar.

Man sieht also, daß es nur auf die Definition von Autotropismus ankommt, die man wählt. Da ich nun aber gar nicht die Absicht habe, die ohnehin komplizierte Frage durch eine heikle Definition noch weiter zu komplizieren, begnüge ich mich mit dem in unserer Wissenschaft herrschenden, der Lösung des Problems günstigen Sprachgebrauche des Wortes Autotropismus, nach dem Versuche wie die in den Fig. 4 bis 7 dargestellten als beweisend in der Frage nach der Steigerung der heliotropischen Empfindlichkeit durch Narkotika, in diesem Falle Leuchtgas und Äther, angesehen werden können.

Ein letzter Einwand gegen die Deutung meiner Versuchsresultate hätte schließlich aus der verschiedenen Wachstumsgeschwindigkeit der Keimlinge in r. L. und in der Narkotikaatmosphäre abgeleitet werden können.

ownload from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentru

Ich habe auch auf dieses Moment in meinen Protokollen Rücksicht genommen (vgl. Protokoll 3, 4 u. a.). Bei dem in den Fig. 8 und 9 (Protokoll 3) dargestellten Experiment ist allerdings eine kleine Wachstumsdifferenz zu sehen, bei den in den Fig. 4 bis 7 (Protokolle 4 und 8) wiedergegebenen Versuchen sind aber keine solchen Differenzen wahrzunehmen und die bei den Messungsergebnissen auftretenden Unterschiede überschreiten die Fehlergrenzen nicht. Mir scheinen in dieser Beziehung gerade die Ätherversuche sehr bedeutungsvoll. Konnte man bei den Gasversuchen aufgetretene verstärkte oder früher eingetretene heliotropische Krümmungen im Hinblick auf die mögliche Hemmung des Längenwachtums als ganz besonders beweisend ansehen, so war beim Äther die schon von H. Schröder (1908, p. 156) festgestellte Wachstumsbeschleunigung als beirrender Faktor zu fürchten. Denn wenn Heliotropismus eine Wachstumsbewegung ist, so war daran zu denken, daß auch die heliotropische Krümmung nur deshalb beschleunigt werden konnte, weil das Wachstum ohne Rücksicht auf eine erhöhte Lichtreizbarkeit gefördert wurde. Nun sind aber bei den betreffenden Versuchen keine Wachstumsdifferenzen wahrzunehmen, sie sind also auch für die Steigerung der heliotropischen Empfindlichkeit beweisend. Fig. 5, besonders aber die Fig. 6 und 7 geben eine deutliche Vorstellung davon.

Wenn man Fig. 5 betrachtet, so bemerkt man bei den r. L.-Pflanzen nur vereinzelte Keimlinge mit der typischen Krümmung, die meisten anderen scheinen auch schwach influiert zu sein, doch macht es mehr den Eindruck, als ob die Lichtwirkung gerade nur ausgereicht hätte, den Keimlingen die allgemeine Direktion zu geben, in der sie dann gerade wuchsen. Die Pflanzen aus dem Ätherdampfe zeigen alle ausgesprochene heliotropische Krümmungen. Zur besseren Veranschaulichung wurden nun nach einer Methode von Dr. Vouk je 4 Keimlinge (1 der vorderen und 3 der rückwärtigen Reihe) direkt auf lichtempfindliches Papier gelegt und Silhouetten davon hergestellt. Auf die Art treten die Unterschiede ungemein auffallend hervor (Fig. 6 und 7).

Schließlich mag noch auf die Geschwindigkeit des Auftretens der heliotropischen Krümmung aufmerksam

ownload from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentru

gemacht werden, die in ur. L. wiederholt stundenlang früher wahrzunehmen war als in r. L.

B. Die zweite Serie von Versuchen bezweckte nun, jene Lichtmenge (*It*) zu ermitteln, auf die die Pflanzen der Narkotikaatmosphäre wohl, die der r. L. aber nicht mehr reagieren. Diese wurde für Hafer bei 3 Sekunden Präsentationszeit = 3.15·247 mit 45·741 MK/Sek.[1] gefunden (Protokoll 5, 6, 7). Der betreffende Wert für die r. L.-Keimlinge läßt sich aus Protokoll 8 erschließen, wo bei 4 Sekunden Belichtung in r. L. bei einigen Keimlingen die ersten Krümmungen wahrzunehmen waren. Daraus berechnet sich die betreffende Lichtmenge = 4.15·247 = 60·988 MK/Sek. Die erwähnten Lichtmengen verhalten sich also wie 45·741 : 60·988 = 3 : 4.

Der Quotient $^3/_4$ stellt somit den mathematischen Ausdruck dar für die Steigerung der heliotropischen Empfindlichkeit in den gewählten Mengen von Äther, beziehungsweise Leuchtgas und besagt, um wieviel Keimlinge des Hafers in der Atmosphäre dieser Narkotika heliotropisch empfindlicher werden als die gleich alten oder gleich langen Keimlinge in r. L. Das ist nun selbstredend eine Zahl, die für jede Pflanzensorte und jede Narkotikaart und Narkotikaquantität ermittelt werden müßte. Ich habe sie, da die Bestimmung begreiflicherweise recht mühsam ist und mich die Frage nur im Prinzip interessierte, nur für Hafer genau bestimmt, und zwar, wie die Protokolle lehren, für die Menge von Verunreinigungen der Luft, die ein Gasschlauch bei halbstündiger Durchleitung von Gas in einen Luftraum von rund 1000 cm^3 Luft aussendet und für die Menge Ätherdampf, die von einem Wattebausch, der mit 1 oder $^1/_4$ cm^3 konzentrierten Äthers getränkt wurde, in einen Raum von 1000 cm^3 beiläufig in einer halben Stunde ausgehaucht wird (also bei etwa $^1/_{10}$ bis $^1/_{40}$-vol. prozentigem Äther) (Protokolle 5, 6, 7, 8).

Selbstverständlich waren auch diese Versuche zunächst in der auf p. 1197 angegebenen Weise variiert worden. Als beweisend sehe ich auch hier wieder nur die Ergebnisse jener

[1] Damit ist aber die von Arisz (1911, p. [1029] 8) für Klst.-Pflanzen gefundene Lichtmenge nicht erreicht, was mit der Absorption von Licht durch die Glasgefäße zusammenhängen mag.

ownload from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentru

Versuche an, bei denen der Induktion eine halb-, dreiviertel- oder einstündige Dunkelrotation des völlig adjustierten Versuches voranging.

Aus den obigen Ausführungen geht also hervor, daß durch eine geeignete Versuchsanstellung erwiesen werden kann, daß die heliotropische Empfindlichkeit von Keimlingen durch Narkotika tatsächlich gesteigert wird, und zwar konnte dies auf die folgende Art gezeigt werden:

1. Dadurch, daß sich die Keimlinge der Narkotikaatmosphäre unter sonst gleichen Bedingungen viel stärker krümmen, als die der r. L. In diesem Falle ist der Krümmungswinkel ein Maß für die Steigerung der heliotropischen Empfindlichkeit.

2. Durch die Ermittlung der Schwellenwerte für narkotisierte und r. L.-Keimlinge. Diese verhielten sich unter den gegebenen Versuchsbedingungen (Zutritt des Lichtes durch relativ dickwandige Glasgefäße) wie 45·741 : 60·988 MK/Sek., oder wie 3 : 4.

3. Dadurch, daß unter sonst gleichen Bedingungen die Krümmung der narkotisierten Keimlinge früher eintrat, als die der Kontrollkeimlinge in r. L., wenn man mit bestimmten Keimlingen (*Avena sativa*) arbeitet und auf sie sehr geringe Lichtmengen einwirken läßt.

Nachdem also ein Rückblick auf die vorliegende Untersuchung gezeigt hat, daß man heute mit voller Berechtigung von einer Steigerung der Lichtempfindlichkeit von Keimlingen durch Narkotika sprechen kann, fragt es sich nun, ob die beobachtete Erscheinung nur einzigartig dasteht, oder ob sie sich, durch Analogien gestützt, harmonisch in den Rahmen älterer Erfahrungen einfügen läßt und so ein allgemeineres Interesse gewinnt.

Da sind zunächst Rothert's (II., 1903, p. 42) Erfahrungen mit *Chlamydomonas* und *Gonium* zu erwähnen, die zeigen, daß die phototaktische Empfindlichkeit von *Chlamydomonas* durch 5 bis 40% CW. (Chloroformwasser), die von *Gonium* durch 2·5% CW. erheblich gesteigert werden kann. Vielleicht finden durch neue Untersuchungen, die das Alter der Versuchsobjekte berücksichtigen, auch Elfving's (1886, p. 12) von Rothert

ownload from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentru

vorläufig (46) bestrittene Beobachtungen über eine analoge Wirkung von 2 bis 5% Ätherwasser eine neuerliche Bestätigung.

Ebenso konnte Loeb (I., 1906, p. 573) an *Volvox*-Kugeln, die er der CO_2-Wirkung, an Süßwasserkopepoden der Gruppe *Calanidae*, die er der Wirkung von CO_2, an Daphnien und Kopepoden (II., 1909, p. 23), die er der Wirkung von Alkoholen und an einem Süß- und Seewasser-*Gammarus*, an Nauplien von *Balanus*, die er der Wirkung von CO_2 und wie alle anderen Versuchsobjekte auch verschiedenen Säuren und Alkalien und sauren und alkalischen Salzen aussetzte, eine Steigerung der phototaktischen Empfindlichkeit feststellen.

Auch können Josing's (1901, p. 197) Versuche über die willkürliche Sistierbarkeit und das willkürliche Insleben-rufen der Plasmaströmung in Ätherwasser durch Verdunkelung und Belichtung zum Vergleiche herangezogen werden, die in der Art gedeutet werden können, daß die strömenden Objekte für Belichtung und Verdunklung, für blaues und gelbes Licht erst durch das Ätherwasser empfindlich werden, mit anderen Worten, daß das Narkotikum im Sinne einer Steigerung der Empfänglichkeit für Lichtreize wirkt.

Vielleicht ließen sich auch v. Koranyi's (1893, p. 6) Erfahrungen zum Vergleich heranziehen, der zeigte, »daß Frösche, deren Reflexerregbarkeit durch Bedeckung des bloßgelegten Gehirns mit Fleischextrakt bedeutend gesteigert worden war, Reflexzuckungen machen, wenn man Licht auf einen kleinen Teil des Rückens fallen läßt« (zitiert nach Fitting, 1907, p. 88).

Im Hinblick auf die sogenannten photodynamischen Effekte (vgl. Tappeiner, Jodlbauer, Hausmann, Gicklhorn) erschiene die Wirkung der Narkotika geradezu als eine Art photodynamischer Beeinflussung des Protoplasmas, was nach dem Parallelismus, den Blaauw (1909, p. 209) in der Gültigkeit des Lichtmengengesetzes für die heliotropische Reaktion von Pflanzen und den photographischen Prozeß nachwies, nicht weiter wundernehmen könnte.

Tatsächlich gelingt es ja heute auch, durch Zusatz gewisser chemischer Substanzen die Empfindlichkeit der photographischen Platte ins Unglaubliche zu steigern. Gerade so wie

ownload from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentru

nach Klatt und Lenar (1889, p. 90, 1904, p. 6) Spuren von Kupfer und anderen Metallen die Phosphoreszenz von Leuchtpulvern wesentlich begünstigen, gerade so, wie gewisse chemische Prozesse nur dann glatt verlaufen, wenn gewisse Stoffe — Katalysatoren — in minimaler Menge vorhanden sind, gerade so, wie sich nach Baker Cl und H rasch nur dann verbinden, wenn sie bei Gegenwart von Wasserdampf zur Verbindung gebracht werden, gerade so wie die photographische Platte in gewissen Fällen, wie oben bemerkt, nur prompt reagiert, wenn gewisse Beimengungen der Gelatinemasse zugefügt werden, so könnte man sich auch vorstellen, daß die Narkotika, etwa die gasförmigen Verunreinigungen der Laboratoriumsluft oder der Ätherdampf, »als chemische Agentien das Plasma so beeinflussen, daß es eben mit zwingender Notwendigkeit reagiert bei einer Beleuchtungsintensität, bei der chemisch unbeeinflußtes Plasma derselben Pflanzen noch keine Spur einer Reizung aufweist« (O. Richter, I., 1906, p. [291], 27).

»Es ist dies eine Anschauung, die sich unmittelbar aus der Wiesner'schen Auffassung (I., 1878) der photomechanischen Induktion ergibt und die — eine chemische Auffassung — um so berechtigter erscheint, als tatsächlich nach den interessanten Analysen von Prianischnikow (1904, p. 39) und, wie wir heute nach Johannsen's (1897, p. 275), Hempel's (1911, p. 213), Grafe's und meinen (1911, p. 1187) Untersuchungen (siehe diese) wissen, die Pflanzen nicht nur in der Laboratoriumsluft, sondern auch in Äther, Chloroform, Leuchtgas, Azetylen, kurz in den verschiedensten Narkotika »überhaupt eine andere Zusammensetzung aufweisen, als die in reiner Luft« (p. [291], 27).

ownload from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentru

Protokolle.

Erklärung der in den Protokollen gebrauchten Abkürzungen:

K. = Keimlinge.
K. L. a. V. K. = Keimlingslänge am Versuchsbeginn.
Gdl. = Gasdurchleitung, d. h. durch den etwa 10 *cm* langen Gasschlauch, der in das Versuchsgefäß gegeben wurde, wurde vorher eine bestimmte Zeit lang Leuchtgas durchgeleitet, damit er entsprechend rieche.
Li. = Lichtquelle.[1]
Li. I. = Lichtintensität.
Beli. = Belichtung.
Beliz. = Belichtungszeit.
Belid. = Belichtungsdauer.
r. G. = runde Gefäße (Dosengläser) siehe Text p. 1193.
‖ G. = Gefäße mit planparallelen Wänden, siehe Text p. 1193.
Wa. = Wannen, siehe Text p. 1190.
⊥ Kontr. V. = vertikal stehender Kontrollversuch.
r. L. = reine Luft.
L. L. = Laboratoriumsluft.
ur. L. = unreine Luft.
r. L. Gef. = Gefäß mit reiner Luft.
ur. L. Gef. = Gefäß mit unreiner Luft.
DL. = Durchschnittslänge, in Zentimetern angegeben.
DD. = Durchschnittsdicke, in Millimetern angegeben. Dabei bedeuten zwei Wertangaben nebeneinander die Ausmaße ovaler Querschnitte.
Klst. = Klinostat.
Kr. = Krümmung.
heliotr. = heliotropisch.
heliotr. Kr. = heliotropische Krümmung.
St. = Stengel.
Bl. = Blatt.
Du. Rot. = Dunkelrotation, d. h. die Rotation der Vers. Gef. am Klst., die der Belichtung voranging, vgl. Text p. 1197.
∢ v. d. V. = Winkel von der Vertikalen.
vordere Seite d. Gef. = lichtwärts gelegene Seite d. Gef.
rückwärtige Seite d. Gef. = vom Lichte abgekehrte Seite d. Gef.

---

[1] Die in den Protokollen wiederholt erwähnte 25kerzige Lampe war von mattem Glase umgeben und schon oft gebraucht worden und hatte somit nicht mehr die volle Leuchtkraft, wie die Bestimmung derselben ergab (vergl. p. 1208).

ownload from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentru

1. Versuch vom 14./XII. 1911 mit Avena sativa.

1. Beli. zunächst konstant mit
2. Li. = Gasflamme von 0·00168 NK[1] bei 89 *cm* Entfernung von d. K.
3. Rot. bei dieser Beli. begann $10^h 30'$ a. m.
4. r. G.

Beobachtungs-		Klst.-Vers.		⊥ Kontr. Vers.	
Tag	Zeit	r. L.	ur. L.	r. L.	ur. L.
14./XII.	4^h 15 p. m.	keine heliotr. Kr.	2 stark heliotr.	keine heliotr. Kr.	keine heliotr. Kr.
15./XII.	5^h a. m.	Flamme war erloschen	Flamme war erloschen	Flamme war erloschen	Flamme war erloschen
	9^h a. m.	Kr. nach den verschiedensten Richtungen in der Ebene ⊥ zum Li.-Einfall; keine heliotr. Kr.	4 stark, 3 bloß an der Spitze heliotr. gekr. (100%)	keine heliotr. Kr.	keine heliotr. Kr.

Endergebnis bezüglich der Kr. in r. L. : ur. L. = 0% : 100%.

Folgerungen aus dem Versuch vom 14./XII. 1911.

Das zufällige Erlöschen der Lampe während der Nacht und die dadurch eingetretene Verwandlung des Versuches mit konstanter Beleuchtung in einen Induktiosversuch mit positivem Ausfall ließ Experimente dieser Art aussichtsreicher erscheinen, um die Steigerung der heliotr. Empfindlichkeit durch Narkotika zu demonstrieren.

2. Versuch mit Avena sativa vom 15./I. 1912.

1. K. L. a. V. B.: 2 bis 3 *cm*.
2. Gdl.: $^1/_2$ Stunde.
3. Li. Gasflamme von 0·00168 NK.

[1] Daß nach diesem Protokoll der Schwellenwert für die Gaslichtpflanzen ein anderer ist, als für die mit elektrischem Lichte bestrahlten Keimlinge, mag mit der Zusammensetzung des Lichtes zusammenhängen.

ownload from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentru

4. Beliz.: $5^h\ 30^m$ bis $7^h\ 30^m$ p. m.
5. Belid.: 2 Stunden.
6. r. G.
7. ⊥ Kontr. V.

Der Versuch lief unkontrolliert über die Nacht.

Am 16./I. 10^h a. m.: Die K. d. r. L. sind nach allen Richtungen gekrümmt, etwa wie die *Agrostemma*-Pflänzchen in Fig. 9 (III., 1909, p. 489). Es handelt sich dabei zweifellos um Nutationen, die erst durch die Drehung am Klst. in r. L. auftreten.

Die K. d. ur. L. zeigen typischen Heliotropismus. Über verschiedene Einwände gegen den Versuchsausfall vgl. p. 1203.

Bemerkung: Beim ⊥ Kontr. V. war weder in der r. noch ur. L. eine heliotr. Kr. zu sehen.

Der Versuch wurde photographiert. (Fig. 1 und 2.)

Messungsergebnis am 16. I. 10^h a. m.

Klst.-Vers.							
r. L.				ur. L.			
DL.	DD.			DL.	DD.		
	μ	*m*	*o*		μ	*m*	*o*
4·44	0·8, 1	1, 1·5	1, 1	4·38	1, 1·5	1·5, 1·5	1·5, 1·0

⊥ Kontr. Vers.							
r. L.				ur. L.			
DL.	DD.			DL.	DD.		
	μ	*m*	*o*		μ	*m*	*o*
4·7	1·5, 1·5	1·5, 1·5	1·5, 1·5	3·36	1, 1	1·5, 1·5	1·5, 1·5

ownload from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentru

3. Versuch mit Avena sativa vom 19./III. 1912.

1. K. L. a. V. B.: 1 bis 1·5 *cm*.
2. Gdl.: 1 Stunde.
3. Li.: 25kerzige elektrische Lampe mit mattweißem Glas.
4. Beliz.: $9^h\ 35^m$ bis $9^h\ 50^m$.
5. Belid.: 25 Sekunden.
6. ‖ G.
7. Bemerkungen:

a) Die um $9^h\ 5^m$ am Klst. ⊥ adjustierten Gefäße blieben in dieser Lage bis $9^h\ 15^m$ im Dunkeln, um der ur. L. zum Eindringen in die K. Gelegenheit zu geben. Von $9^h\ 15^m$ bis $9^h\ 35^m$ wurden mit monochromatischem, rotem Lichte die Vorbereitungen zur Beli. getroffen.

b) Während der Beli. waren die K. ⊥ und in Ruhe.

Beobachtungs- Tag	Zeit	r. L.	ur. L.
19./III.	$10^h\ 30^m$ a. m.	—	—
	$11^h\ 30^m$ a. m.	alle K. heliotr. ∢ d. Kr. 5 bis 10°	alle heliotr. ∢ d. Kr. 20 bis 30°
		Der Unterschied ist ungemein prägnant. Die K. wurden im Du. über die Nacht weiter rotiert.	
20./III.	$8^h\ 45^m$ a. m.	∢ d. heliotr. Kr. 8 bis 10°	∢ d. heliotr. Kr. 90°
	$9^h\ 30^m$ a. m.	∢ d. heliotr. Kr. 8 bis 10°	∢ d. heliotr. Kr. 90°

Der Versuch wurde photographiert. (Fig. 8 und 9.)

Messungsergebnis nach dem Photographieren.

r. L.				ur. L.			
DL.	DD.			DL.	DD.		
	μ	*m*	*o*		μ	*m*	*o*
6	1	1	1	4·63	1	1	1

Über die Folgerungen aus diesem Versuch sowie gewisse nicht unberechtigte Einwände gegen den Versuchsausfall vgl. p. 1204.

ownload from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentru

4. Versuch mit Avena sativa vom 21. III. 1912.

1. K. L. a. V. B.: 1 bis 1·3 *cm*, nur im r. L.-Gefäß waren 2 K. 1·5 *cm* und 1 K. 2 *cm* lang.

2. Gdl.: 1 Stunde.

3. Einstellung des Vers. beendet um 9^h 13^m.

4. Du. Rot.: 9^h 17^m bis 10^h.

5. Li.: 25 normalkerzige elektrische Lampe mit mattweißem Glase.

6. Beliz.: 10^h a. m.

7. Belid.: 9 Sekunden.

8. ‖ G.

9. Bemerkung: Im Momente der Beli. stand das r. L. Gef. zufällig ⊥, das mit der ur. L. war über die ⊥ im Sinne des Uhrzeigers um etwa 5° weiter gelangt. An dieser Stellung der Gefäße wurde vor der Beli. nichts geändert und die Rotation während der Beli. selbstverständlich nicht unterbrochen.

Beobachtungszeit	r. L.	ur. L.
11^h a. m.	3 K. spurenweise heliotr. gekr.	3 K. deutlich heliotr. gekr.
11^h 40^m a. m.	alle K. heliotr. gekr.; 3 K. etwa um 10° v. d. V.; die übrigen eben gekr. (∢ v. d. V. = 2°)	alle K. heliotr. gekr. ∢ v. d. V. bei 5 K. etwa 40°; ∢ v. d. V. bei 2 K. etwa 2 bis 3°
12^h	Der Effekt tritt noch schöner hervor	
1^h p. m.	Schluß des Versuches	

Der Versuch wurde photographiert. (Fig. 4).

Messungsergebnis um 2^h 15^m p. m.:

r. L.				ur. L.			
DL.	DD.			DL.	DD.		
	μ	*m*	*o*		μ	*m*	*o*
2·7	1	1	1	2·2	1·2	1·2	1·2

ownload from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentru

Folgerungen aus dem Versuch vom 21./III.

1. Die bezüglich des Versuches vom 19./III. erhobenen Bedenken sind vermieden und die im Anschluß an jenen Versuch aufgestellten Forderungen erscheinen erfüllt.

2. Es zeigt sich ein ausgesprochener Unterschied in den Krümmungswinkeln. Die K. d. ur. L. erscheinen viel stärker gegen die Li. gekrümmt, als die der r. L.

3. Da auch das Messungsergebnis keine außerhalb der Versuchsfehler liegenden L.-Differenzen von r. L.- und ur. L.-K. ergab, kann man das Ergebnis als beweisend ansehen und sagen: Spuren von Leuchtgas sind imstande, bei Keimlingen von Hafer die heliotropische Empfindlichkeit zu steigern. Und zwar erscheint, wie im Punkt 2 gezeigt wurde, der $\sphericalangle$ v. d. V. als Maß für die gesteigerte Empfindlichkeit der Pflanzen.

5. Versuch vom 3. IV. 1912 mit Avena sativa.

1. K. L. a. V. B.: 2 *cm*.
2. Gdl.: $7^h\,45^m$ bis $8^h\,50^m$.
3. Du. Rot.: $9^h\,15^m$ bis $11^h\,4^m$.
4. Li.: 25kerzige elektrische Lampe mit weißer Verglasung.
5. Beliz.: $11^h\,4^m$.
6. Belid.: 3 Sekunden.
7. Wa.
8. Bemerkungen: Die Versuchsanstellung war insoferne verbessert, als die Wa. mit gut gewässertem, im feuchten Zustande schwarz aussehendem Filtrierpapier ausgekleidet waren. Dabei traf leider das feuchte weiche Papier beim Einschieben von Gl. in Gl. Wa. (p. 1190) an d. K. an. Da jedoch nach der nahezu zweistündigen Du. Rot. nur ein r. L.-K. in der späteren Li.-Richtung thigmotropisch gekrümmt war, die anderen aber tadellos aussahen, konnten sie zum Vers. verwendet werden.

Beobachtungszeit	r. L.	ur. L.
$3^h\,30^m$ p. m.	0 heliotr. Kr.	3 K. heliotr. gekr.
$6^h\,6^m$ p. m.	3 K. nach rückwärts gekr. 1 K. hakig nach vorn gekr. (thigmotropisch)	4 K. heliotr. gekr., davon 3 stark
Schluß d. Vers.	1 K. aufrecht, 1 K. schief in der Rot.-Ebene geneigt, kein K. heliotr. gekr.	2 K. aufrecht, 1 nach rückwärts gekr.

Die Zahlen der heliotropischen Krümmungen verhalten sich also unter den durch Punkt 4 und 6 wiedergegebenen Versuchsbedingungen in r. L. : ur. L. $= 0\,\% : 59\,\%$.

ownload from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentru

Folgerungen aus dem Versuch vom 3./IV. 1912.

1. Leuchtgas wirkt fördernd auf die heliotropische Empfindlichkeit von Keimlingen.

2. 3 Sekunden stellt unter den gegebenen Bedingungen die Grenze der Leistungsfähigkeit in dem in 1 angedeuteten Sinne dar.

3. Da die Verwendung von Glasplatten mit planparallelen Wänden keine Änderung im Effekt hervorrief, kann man wohl sagen, daß die durch das gegossene Glas bedingten Versuchsfehler nicht erheblich ins Gewicht fallen.

6. Versuch mit Avena sativa vom 18./IV. 1912.

1. K. L. a. V. B.: 0·8 bis 1·2 *cm*.
2. Gdl.: 45 Minuten.
3. Du. Rot.: $9^h\ 17^m$ bis $10^h\ 30^m$. a. m.
4. Li.: Elektrische Lampe mit mattweißem Glase von 25 NK.
5. Beliz.: $10^h\ 3^m$.
6. Belid.: 3 Sekunden.
7. || Gef.
8. Bemerkungen:

a) Vor und nach der Du. Rot. waren im r. L.-Gef. 4 K. etwas nach rückwärts, in dem ur. L.-Gef. der längste K. etwas nach vorne gekr.

b) Vor der Beli. wurde das r. L.-Gef. um 20° in die ⊥ vorwärtsgedreht, das ur. L.-Gef. stand eben ⊥.

Beobachtungszeit	r. L.	ur. L.
$12^h\ 15^m$ p. m.	verschiedenartige, aber keine heliotr. Kr.	3 K. heliotr. gekr.
$3^h\ 3^m$ p. m.	kein Heliotropismus	3 K. typisch heliotr., 1 K. zur Seite geneigt, 1 K. nicht heliotr. in der Li.-Richtung geneigt

Folgerungen aus dem Versuch vom 18./IV. 1912.

Mit dem Herabgehen auf eine Belid. von 3 Sekunden scheint unter den gegebenen Bedingungen (siehe Punkt 2, 4, 6) die untere Grenze der Steigerung der heliotr. Empfindlichkeit durch Leuchtgas erreicht zu sein.

ownload from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentru

7. Versuch mit Avena sativa vom 2./VII. 1912.

1. Narkotikum: Äther.
2. K. L. a. V. B.: rund 1·5 *cm*.
3. Li.: 25kerzige elektrische Lampe mit mattweißer Verglasung.
4. Du. Rot.: $10^h\ 10^m$ bis $11^h\ 15^m$.
5. Beliz.: $11^h\ 15^m$.
6. Belid.: 3 Sekunden.
7. || Gef. (rund 1000 cm^3 Luftraum).
8. Rückwand und Seitenwände des Gefäßes mit schwarzem Papier ausgekleidet.
9. Bemerkungen:

a) Zur Ätherzugabe: 1 cm^3 konzentrierter Äther wurde in Watte aufgenommen und mit einem Bindfaden am Glasstöpsel befestigt, so daß er frei in das || Gef. hing.

b) Um $11^h\ 15^m$ befand sich das Äther-Gef. eben ⊥, das r. L.-Gef. mußte um 90° vorwärts gedreht werden, um in die ⊥ zu kommen.

Beobachtungszeit	r. L.	Äther
$12^h\ 30^m$ p. m.	kein deutlicher Unterschied	
$4^h\ 30^m$ p. m.	Keine heliotr. Kr.	6 K. positiv heliotr.
$5^h\ 15^m$ p. m.	Keine heliotr. Kr. (vielleicht bei 1 K. eine schwache, unklare Kr.)	3 K. sicher positiv heliotr., 1 fraglich
Schluß des Versuches		

Folgerungen aus dem Versuch vom 2./VII. 1912.

1. Äther wirkt im selben Sinne wie Leuchtgas in bezug auf die Steigerung der heliotr. Empfindlichkeit.

2. 3 Sekunden scheint auch für die gegebenen Verhältnisse die untere Grenze dieser Fähigkeit der Narkotika darzustellen.

8. Versuch mit Avena sativa vom 11./VII. 1912.

1. Narkotikum: Äther.
2. K. L. a. V. B.: rund 0·5 bis 1 *cm*.
3. Li.: 25kerzige elektrische Lampe mit mattweißer Verglasung
4. Du. Rot.: $^1/_2$ Stunde von $12^h\ 30^m$ bis $1^h\ 7^m$.

ownload from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentru

5. Beliz.: $1^h\ 7^m$.

6. Belid.: 4 Sekunden.

7. || Gef. (rund 1000 cm^3 Luftraum).

8. Rückwand und Seitenwände der Gef. mit schwarzem Papier ausgekleidet.

9. Bemerkungen:

a) Zur Ätherzugabe: $^1/_4\ cm^3$ Äther wurde von Watte aufgenommen, der Wattebausch dann wie in Vers. vom 2./VII. mittels Bindfaden am Glasstöpsel befestigt, nach halbstündiger Du. Rot. aber ohne Abstellen des Motors aus der Flasche wieder entfernt und der Glasstöpsel mittels Pergamentpapier neuerdings befestigt, worauf die Beli. erfolgte.

b) Das r. L.-Gef. wurde vor der Beli. um 90°, das mit Äther um 10° in die Vertikale gedreht.

Beobachtungszeit	r. L.	Äther
$4^h\ 30^m$ p. m.	schwache Neigung in der Lichtrichtung, keine heliotr. Kr.	alle K. zeigen die typische heliotr. Kr.
$5^h\ 30^m$ p. m.	2 K. der 2. Reihe zeigen eine Andeutung einer heliotr. Kr.	typischer Heliotropismus
Schluß des Versuches		

Der Versuch wurde photographiert. (Fig. 5, 6 und 7.)

r. L.								Äther							
1. Reihe				2. Reihe				1. Reihe				2. Reihe			
DL.	DD.			DL.	DD.			DL.	DD.			DL.	DD.		
	μ	m	o		μ	m	o		μ	m	o		μ	m	o
1·9	1·2	1·2	1·2	1·68	1·2	1·2	1·2	1·6	1·2	1·2	1·2	1·8	1·2	1·2	1·2

Folgerungen aus dem Versuch vom 11. VII. 1912.

1. Da weder in der Länge noch in der Dicke wesentliche Unterschiede zwischen den r. L.- und den Ätherpflanzen zu sehen waren, die Ätherpflanzen also weder eine Wachstumshemmung noch die von Henry Schröder für

ownload from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentru

minimale Ätherdosen nachgewiesene Wachstumsbeschleunigung zeigten, waren die Keimlinge völlig vergleichbar.

2. Es erscheint somit und im Hinblick auf die mitgeteilten Winkelwerte der heliotropischen Krümmung als erwiesen, daß Äther die heliotropische Empfindlichkeit von Keimlingen zu steigern vermag.

∢ v. d. V.	in Äther	in r. L.
1. Reihe	45°	25°
2. Reihe	42°	10°
	37°	9°
	57°	18°
D∢	**45·2°**	**12·5°**

	Allgemeine Neigung	
	Äther	r. L.
1. Reihe	38°	25°
2. Reihe	**48°**	**25°** (mit einer Ausnahme = 40°)

9. Versuch mit Hordeum sativum vom 14./V. 1912.

1. K. L. a. V. B. im r. L.-Gef.: 1·2 *cm*.
K. L. a. V. B. im ur. L.-Gef.: 4 K. 1·2 *cm* und 2 K. 0·6 *cm*.
2. Gdl. unterblieb, weil der Gasschlauch stark genug roch.
3. Du. Rot.: 10^h bis 12^h 15^m.
4. Li.: 25kerzige elektrische Lampe mit mattweißer Verglasung.
5. Beliz.: 12^h 51^m.
6. Belid.: 25 Sekunden.
7. Wa.
8. Bemerkungen:

a) Ein Teil der Rot. vor der Beli. erfolgte in rotem Lichte.

b) Vor der Beli. wurde das ur. L.-Gef. um eine Vierteldrehung zurück, das r. L.-Gef. um eine Zehnteldrehung nach vorwärts in die ⊥ gedreht.

Beobachtungszeit	r. L.	ur. L.
3^h 25^m p. m.	1 K. spurenweise heliotr., 1 K. stark nach vorne gekr. (nicht heliotr.), die anderen K. gerade	2 möglicherw. spur. heliotr.
5^h 45^m p. m. Schluß des Versuches	2 K. in der Rotationsebene stark und etwas daraus herausgekr., doch ist ihre Spitze heliotr.; die anderen K. gerade	1 K. nicht. heliotr., vielmehr nach rückw. gekr.;[1] alle anderen im ∢ v. d. V. v. 30 bis 60° stark heliotr.

Der Versuch wurde photographiert. (Fig. 3.)

[1] Dieser K. wurde aus der Photographie wegen des verwirrenden Eindrucks wegretouchiert.

ownload from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentru

Folgerung aus dem Versuch vom 14. V. 1912.

Es scheint somit auch für Gerste zu gelten, was für Hafer nachgewiesen wurde, daß Leuchtgas die heliotropische Empfindlichkeit steigert.

Messungsergebnis.

r. L.				ur. L.			
DL.	DD.			DL.	DD.		
	μ	*m*	*o*		*μ*	*m*	*o*
2·2	1	1	1	1·8	1·2	1·2	1·2

10. Versuch vom 3./VI. 1912 mit Vicia sativa.

1. K. L. a. V. B.: rund 3 *cm* in dem ur. L.-Gef., rund 2·5 *cm* in dem r. L.-Gef.

2. Gdl. entfiel, da der Gasschlauch hinreichend stark roch.

3. Du. Rot.: $9^h\ 30^m$ bis $12^h\ 8^m$.

4. Li.: 25kerzige elektrische Lampe mit mattweißer Verglasung.

5. Beliz.: $12^h\ 8^m$ p. m.

6. Belid.: 6 Sekunden.

7. || Gef.

8. Rückwand und Seitenwände der Gef. mit schwarzem Papier ausgekleidet.

9. Bemerkungen:

a) Die K. waren so gesetzt worden, daß die Kr. der nickenden Nutation in die Rotationsebene fielen, das Licht die K. also seitlich traf (vgl. Wiesner).

b) 2 K. des ur. L.-Gef. wurden beim Eintragen des Gasschlauches auf der dem Li. abgewendeten Seite berührt, doch war nach der $2^1/_2$stündigen Du. Rot. nicht eine Spur von thigmotropischer Kr. zu sehen.

c) Das ur. L.-Gef. wurde vor der Beli. um 5° zurück, das r. L.-Gef. um etwa 120° in die ⊥ vorgedreht.

Beobachtungs-		r. L.	ur. L.
Tag	Zeit		
3./VI.	$12^h\ 8^m$ p. m.	—	schon nach der Du.-Rot. machen sich schwache Verkrümmungen bemerkbar

ownload from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentru

Beobachtungs-		r. L.	ur. L.
Tag	Zeit		
3./VI.	$1^h\ 45^m$ p. m.	—	die Kr.-Richtung nicht ausgesprochen
	$3^h\ 45^m$ p. m.	3 von 7 K. sehr schwach gegen das Li. gekr. ∢ v. d. V. 10°?	4 von 7 K. etwa im ∢ v. d. V 30° anscheinend heliotr. gekr., 1 K. zeigt horizontale Nutation gegen die Rückwand des Gef.
	$5^h\ 45^m$ p. m.	2 K. sicher, 1 K. vielleicht heliotr. gekr.	5 K. typisch gegen die Li. gekr.
	$8^h\ 30^m$[1] p. m.	2 K. heliotr., bei 2 K. fraglich, ob, andere nicht gekr.[1]	7 K. sicher heliotr. gekr.[1]
4./VI.	9^h a. m. Schluß des Versuches	3 K. sicher heliotr.	5 K. sicher noch heliotr. gekr., bei 3 K. scheint infolge der enormen Verdickung der Effekt verwischt

Folgerungen aus dem Wickenversuch vom 3./VI. 1912.

I. Einwände: 1. Die Verunreinigung der L. war für Wicken noch zu konzentriert.

2. Als störender Faktor macht sich die horizontale Nutation bemerkbar, über deren Auftreten in ur. L. auch am Klst. demnächst berichtet werden wird.

II. Immerhin macht es der vorliegende Vers. sehr wahrscheinlich, daß auch bei *Vicia sativa* Leuchtgas fördernd auf die heliotropische Empfindlichkeit einzuwirken vermag.

[1] Dieses Ergebnis wurde leider wegen der vorgerückten Abendstunde nicht photographiert.

ownload from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentru

Literaturverzeichnis.

Arisz W. H., On the connection between stimulus and effect in phototropic curvatures of seedlings of Avena sativa. Konikl. Akad. van Wetenschappen te Amsterdam. Proceedings of the Meeting of Saturday March 25, 1911, p. (1022) 1.

Baker zitiert nach H. Klinger V. v. Richter's Lehrbuch der anorganischen Chemie, 11. Aufl., 1902, p. 45.

Blaauw A. H., Die Perzeption des Lichtes. Extr. d. Recueil des Travaux Botaniques Néerlandais, 1909, vol. V.

Elfving Fredr., Über die Einwirkung von Äther und Chloroform auf die Pflanzen. Öfversigt of Finska Vetensk.—Socis Förh., Bd. XXVIII, 1886, p. 1 des Sept. Abdr.

Fitting H., Lichtperzeption und phototropische Empfindlichkeit etc. Jahrb. f. w. B., 1907, Bd. XLV, H. 1, p. 83.

Fitting's Referat über Guttenberg's Arbeit II., 1910, Zeitschrift f. Botanik, Bd. 2, p. 742.

Fröschel P., Untersuchung über die heliotropische Präsentationszeit. I. und II. Diese Sitzungsberichte, 1908, Bd. CXVII, Abt. I, Februar, p. [235] 1 und CXVIII, 1909, Oktober, Abt. I, p. [1247] 1.

Gicklhorn J., Über photodynamische Wirkungen fluoreszierender Farbstofflösungen auf pflanzliche Zellen und Gewebe. 1913.

Grafe V. und Richter O., Über den Einfluß der Narkotika auf die chemische Zusammensetzung von Pflanzen. I. Das chemische Verhalten pflanzlicher Objekte in der Azetylenatmosphäre. Diese Sitzungsberichte, Bd. CXX, Abt. I, Dezember 1911, p. [1187] 1.

Guttenberg H. R. v., I. Über das Zusammenwirken von Geotropismus und Heliotropismus in parallelotropen Pflanzenteilen. Jb. f. w. B., Bd. XLV, H. 2, 1907, p. 193.

— II. Über das Zusammenwirken von Geotropismus und Heliotropismus und die tropistische Empfindlichkeit in reiner und unreiner Luft. Jb. f. w. B., Bd. 47, 1910, p. 462.

Hagem Oskar, Über die resultierende phototropische Lage bei zweiseitiger Beleuchtung. Bergens Museums Aarbok 1911, Nr. 3.

Hausmann W., Über optische Sensibilatoren etc. Fortschr. d. naturw. Forschung von Prof. E. Abderhalden. 6. Bd., 1912, p. 243.

Hempel Jenny, Researches into the effect of etherization on plant-metabolism. Mémoires de l'Académie Royale des Sciences et des Lettres de Danemark, Copenhague, 7me série, Section des Sciences, t. VI, Nr. 6, p. 213 [1], 1911.

Jodlbauer A. und Tapeiner H. v., Wirkung der fluoreszierenden Stoffe auf Spalt- und Fadenpilze. Münchn. med. Wochensch., Nr. 25,

Johannsen W., Studier over Planternes periodiske Livsyttringer. I. Om antagonistiske Virksomheder i Stofskiftet särlig under Modning og Hoile. Kgl. Danske Vidensk. Selsk. Skr. 6. Rackke, naturw. og. math. Afdeling VIII, 5, p. 275—394, 1897.

ownload from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentru

Josing Eug., Der Einfluß der Außenbedingungen auf die Abhängigkeit der Protoplasmaströmung vom Licht. Jb. f. w. B., 36. Bd., 1901, p. 197.

Klatt V. und Lenár P., Wied. Ann., Bd. 38, 1889, p. 90.

Korányi A. v., Über die Reizbarkeit der Froschhaut gegen Licht und Wärme. Zentrbl. f Physiologie 6, 1893, S. 6 ff.

Lenár P. und Klatt V. Über die Erdalkaliphosphore. P. Drude's Annalen der Physik, 1904, Bd. 15.

Linsbauer K. und Vouk V., Zur Kenntnis des Heliotropismus der Wurzeln. (Vorl. Mitt.). B. d. d. b. Ges., Bd. 27, 1909, p. 153.

Loeb Jaques, I. Über die Erregung von positivem Heliotropismus durch Säure, insbesondere Kohlensäure, und von negativem Heliotropismus durch ultraviolette Strahlen. Sep.-Abdr. a. d. Arch. f. d. ges. Phys., Bd. 115, Bonn 1906, p. 564.

— II. Chemische Konstitution und physiologische Wirkung von Alkoholen und Säuren. Biochemische Zeitschrift, 1909, Bd. 23, p. 93.

Molisch H., I. Bakterienlicht und photographische Platte. Diese Sitzungsberichte, Bd. CXII, Abt. I, März, 1903, p. [297] 1.

— II. Über den Einfluß des Tabakrauches auf die Pflanze. Diese Sitzungsberichte. Bd. CXX, Abt. I, Jänner 1911, p. [3], 1.

Nathansohn A. und Pringsheim E., Über die Summation intermittierender Lichtreize. Jb. f. w. B., Bd. 45, 1908, p. 137.

Nabokich A. J., Über die Wachstumsreize. Experimentelle Beiträge. Beih. z. bot. Zentralbl., Bd. XXVI, 1. Abt., H. 1, 1910, p. 7.

Neljubow D., I. Über die horizontale Nutation der Stengel von *Pisum sativum* und einiger anderen Pflanzen. (Vorl. Mitt.) Sep. Abdr. a. d. Beiheften z. Bot. Zentralbl., Bd. X, H. 3, 1901.

— II. Bulletin de l'Académie Impériale des Sciences de St. Pétersbourg. 1910, p. 1443.

— III. Geotropismus in der Laboratoriumsluft. Ber. d. d. bot. Ges., Jg. 1911, Bd. XXIX, H. 3, p. 97.

Ohno N., Über das Abklingen von geotropischen und heliotropischen Reizvorgängen. Jb. f. w. Bot., Bd. 45, 1908, p. 628, 9.

Pfeffer W., Physiologische Untersuchungen. Leipzig 1873. Verl. v. W. Engelmann.

Prianischnikow D., Zur Frage der Asparaginbildung. (Vorl. Mitt.) Ber. d. d. bot. Ges., 1904, Bd. 22, p. 39.

Pringsheim E. jun., I. Einfluß der Beleuchtung auf die heliotropische Stimmung. Beitr. z. Biologie d. Pflanzen. 1907, p. 263.

— II. Die Reizbewegungen der Pflanzen. Berlin, Verl. v. J. Springer. 1912.

— III. Referat über Richter O., II. Zeitschr. f. Bot., I. Jg., 1909, H. 9, p. 603.

— IV. Siehe Nathansohn A.

Richter Oswald, I. Über den Einfluß verunreinigter Luft auf Heliotropismus und Geotropismus. Diese Sitzungsberichte, Math.-naturw. Kl., Bd. CXV, Abt. I, März 1906, p. [265] 1.

ownload from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentru

Richter Oswald, II. Über das Zusammenwirken von Heliotropismus und Geotropismus. Jb. f. w. B., 1909, Bd. XLVI, H. 4, p. 481.

— III. Die horizontale Nutation. Diese Sitzungsberichte, Bd. CXIX, Abt. I, Dezember 1910, p. [1051] 1.

— IV. Über Anthokyanbildung in ihrer Abhängigkeit von äußeren Faktoren. Med. Klinik, 1907, Nr. 34.

— V. Beispiele außerordentlicher Empfindlichkeit der Pflanzen. Vortr. d. Vereines zur Verbr. naturw. Kenntnisse in Wien, 1912, 52. Jg., H. 15, p. 34 bis 37 d. Sep. Abdr.

VI. Siehe Grafe.

Rothert W., Über Heliotropismus. Cohn's Beitr. z. Biologie der Pflanzen, Bd. 7, 1894, p. 1.

— II. Über die Wirkung des Äthers und Chloroforms auf die Reizbewegungen der Mikroorganismen. Jb. f. w. B., 1903, Bd. 39, H. 1, p. 42 d. Sep. Abdr.

Rutgers A. A. L., De invloed der Temperatuur op den Praesentatietijd bij Geotropie. Verl. v. J. van Boekhoven. Utrecht 1910, p. 44 u. f.

Schröder H., Über die Einwirkung von Äthyläther auf die Zuwachsbewegung. Flora 1908, p. 156.

Sperlich Ad. Über Krümmungsursachen bei Keimstengeln und beim Monokotylenblatte nebst Bemerkungen über den Phototropismus etc. Jb. f. w. B., Bd. L, 1912, p. 502.

Tappeiner H. v., Die photodynamische Erscheinung (Sensibilisierung durch fluoreszierende Stoffe). Ergebnisse der Physiologie, 8. Jg., 1909, p. 698. Daselbst die einschlägige Literatur.

Vouk V., siehe Linsbauer L.

Wiesner J. v., I. Die heliotropischen Erscheinungen im Pflanzenreiche. Eine physiologische Monographie. I. Teil, 1878. Sep. aus dem 39. Bd. d. Denkschr. der Kaiserl. Akademie zu Wien, mathem.-naturw. Kl. [143] 1.

II. Heliotropismus und Strahlengang. Ber. d. d. bot. G., 1912, 30. Jg. p. 235.

Wilschke, Über Heliotropismus (noch nicht publiziert).

Wolk van der, P. C., Investigation of the transmission of light stimuli in the seedlings of Avena. Kon. Akad. v. Wetensch. te Amsterdam. Proc. of the Meeting of Saturday, Okt. 28. 1911, p. (327) 1.

ownload from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentru

Figurenerklärung.

Fig. 1 und 2. Versuch vom 15. I. 1912 mit *Avena sativa* (vgl. Protokoll Nr. 2 und Text p. 1203). Links: die Keimlinge aus ur. L. zeigen durchgehends ausgesprochenen Heliotropismus. Rechts: die Keimlinge aus r. L. weisen Nutationen nach allen möglichen Richtungen auf.

Fig. 1. Versuchsanstellung; die Kappen aus Pergamentpapier wurden vor der photographischen Aufnahme entfernt.

Fig. 2. Die Keimlinge in etwa natürlicher Größe.

Fig. 3. Versuch vom 14. V. 1912 mit *Hordeum sativum*. Links: die Pflanzen in r. L. zeigen fast durchgehends keinen Heliotropismus. Rechts: die Keimlinge der ur. L. sind typisch heliotropisch gekrümmt (vgl. Protokoll 9 und Text p. 1200).

Fig. 4. Versuch vom 21. III. 1912 mit *Avena sativa* (vgl. Protokoll 4 und Text p. 1205). Links: die Keimlinge in ur. L. zeigen ausgesprochenen Heliotropismus. Der Winkel von der Vertikalen betrug 40°. Rechts: die Keimlinge der r. L. sind kaum heliotropisch gekrümmt. Der Winkel von der Vertikalen betrug kaum 2°.

Fig. 5 bis 7. Versuch vom 11. VII. 1912 mit *Avena sativa*. Als Narkotikum kam Äther in Verwendung (vgl. Protokoll 8 und Text p. 1206).

Fig. 5. Der Versuchseffekt. Links: die Keimlinge aus der Ätheratmosphäre weisen die typische heliotropische Krümmung auf (vgl. Fig. 6). Rechts: die Keimlinge der r. L. sind meist auch etwas heliotropisch beeinflußt, doch kommt es zu keiner bogigen Krümmung mehr. Dieser Versuch beweist, daß Äther die heliotropische Empfindlichkeit von Keimlingen steigert (vgl. Fig. 7).

Fig. 6. Silhouetten der Ätherkeimlinge des Versuches vom 11. VII.; oben ein Keimling aus der ersten, unten drei Keimlinge aus der zweiten Reihe.

Fig. 7. Silhouetten der r. L.-Keimlinge des gleichen Versuches: oben ein Keimling der ersten, unten drei Keimlinge der zweiten Reihe.

Die Silhouetten der Fig. 6 und 7 wurden nach einer Methode von Dr. Vouk von Herrn Wilschke hergestellt, indem er die Keimlinge direkt auf lichtempfindliches Papier legte und kurz bestrahlte. Ich sage beiden Herren auch hier für die Erlaubnis, die bisher noch nicht publizierte Methode zu benutzen, und die wirklich gelungene Ausführung der Silhouetten meinen verbindlichsten Dank.

ownload from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentru

Fig. 8 und 9. Versuch vom 19. III. 1912 mit *Avena sativa* (vgl. Protokoll 3 und Text p. 1204). Links: die Keimlinge der r. L. zeigen kaum eine Spur von Heliotropismus. Rechts: die Keimlinge der ur. L. sind typisch heliotropisch gekrümmt. Das Scheibchen an dem dritten Keimling ist ein Guttationstropfen, der ein Stückchen unter der Spitze des Keimlings hängen blieb.

Fig. 8. Die Versuchsanstellung mit Flaschen mit eingeriebenem Stöpsel und Pergamentpapierverschluß. Die Gefäße haben innen gegossene, außen geschliffene Wände. Die Erde ist in den Gefäßen selbst festgestampft. Die letzte, hier noch nicht angebrachte Verbesserung der Versuchsanstellung war die einseitige Auskleidung mit mattschwarzem, geruchlosen Papier.

Fig. 9. Der Versuchseffekt in etwa natürlicher Größe.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Fig. 1

Fig. 2

Fig. 3

Fig. 4

Fig. 5

Fig. 6 Fig. 7

Fig. 8

Fig. 9

phot Richter O. und Wilschke.

Kunstanstalt Max Jaffé, Wien.